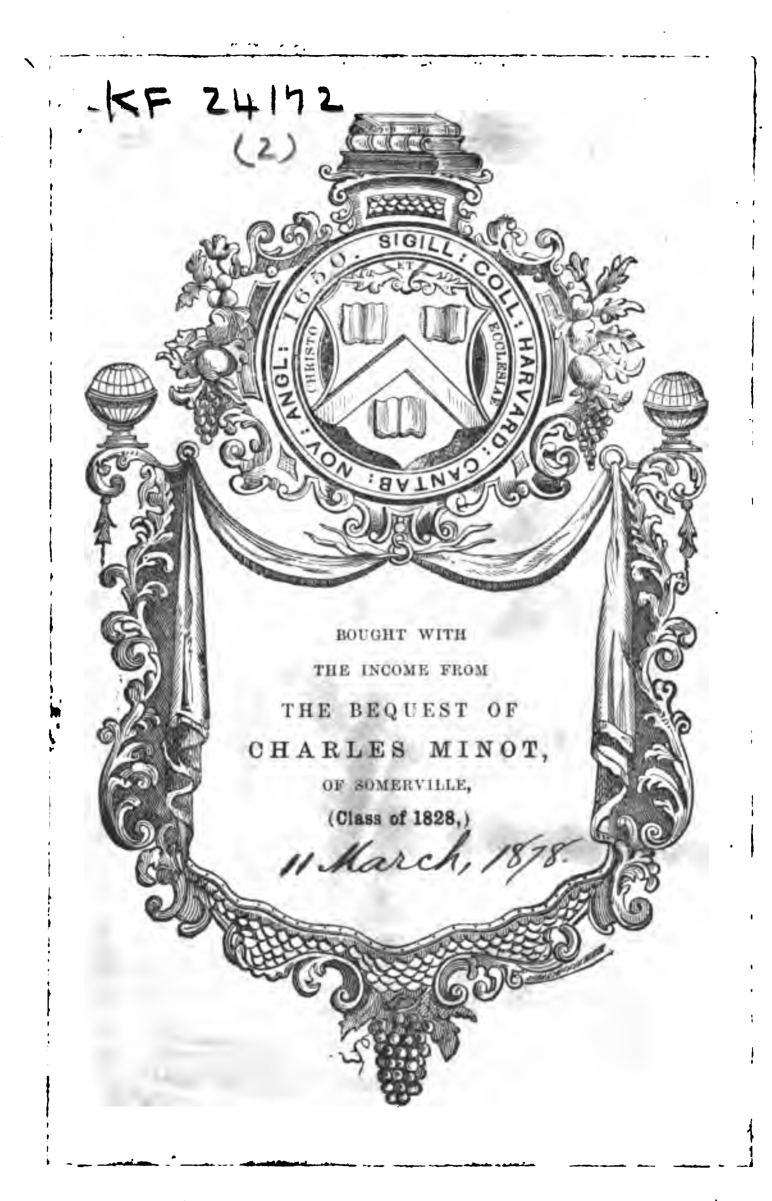
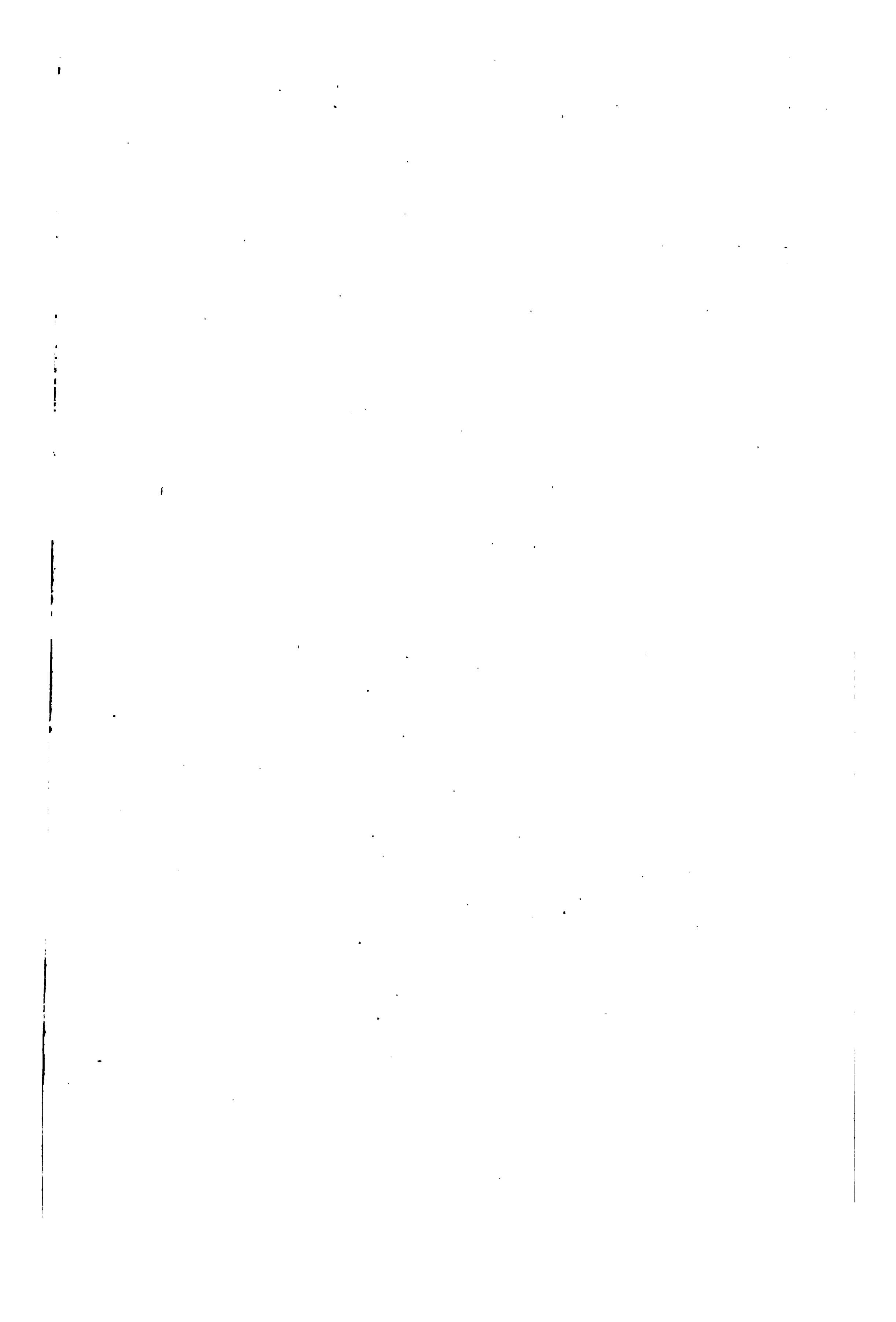

KF
24172
HN 4NPU -


SIGILL : COLL : HARVARD : CANTAB : NOV : ANGL : 1650.
CHRISTO ET ECCLESIAE
BOUGHT WITH
THE INCOME FROM
THE BEQUEST OF
CHARLES MINOT,
OF SOMERVILLE,
(Class of 1828,)
11 March, 1878.





Rose-Sadebeck's

Elemente der Krystallographie.

Zweiter Band.

Angewandte Krystallographie

von

A. Sadebeck.



Berlin, 1876.
Ernst Siegfried Mittler und Sohn,
Königliche Hofbuchhandlung.
Kochstrasse 69. 70.

Angewandte Krystallographie,

(Ausbildung der Krystalle, Zwillingsbildung, Krystallotektonik),

nebst einem Anhange über Zonenlehre

von

Alexander Sadebeck.



Mit 23 lithographirten Tafeln.

Berlin, 1876.
Ernst Siegfried Mittler und Sohn,
Königliche Hofbuchhandlung.
Kochstrasse 69. 70.

1878, March 11.
Minot fund.
(Bd. II.)

Vorrede.

In der Vorrede der 3., von mir bearbeiteten Auflage der G. Rose'schen Elemente der Krystallographie ist der II. Band in einem grössern Umfange, als er vorliegt, angekündigt.

Während in den Elementen die Krystalle nur als vollkommen regelmässige, ideale Formen behandelt sind, wird hier ihre natürliche Erscheinungsweise geschildert. Indem ich mir in dieser Weise das Ziel absteckte, mussten die Kapitel „Rechnung und Zeichnung" der Krystalle fallen gelassen werden, jedoch war eine kurze Darstellung der Zonenlehre an der Hand der Linearprojection geboten, da auf die Zonen vielfach Bezug genommen werden musste.

Die ersten beiden Abschnitte „Ausbildung der Krystalle und Zwillingsbildung", beziehen sich lediglich auf die Form der Krystalle.

Bei der Ausbildung der Krystalle habe ich die Beziehungen der äusseren Form zum elektrischen Verhalten erörtert, sowie die Formenähnlichkeit von Krystallen verschiedener Systeme „die Pseudosymmetrieen" hervorgehoben.

Die Zwillingslehre nimmt einen bedeutenden Raum in Anspruch, da alle sichern Zwillingsgesetze beschrieben und an Beispielen erläutert sind.

Die Krystalle sind das Resultat einer allmäligen Bildung durch Aufbau aus kleinen Theilen, woraus sich die Eigenthümlichkeiten ihrer Oberfläche und innern Structur erklären. Alle auf den Aufbau der Krystalle bezüglichen Erscheinungen habe ich in dem Kapitel „Krystallotektonik“ systematisch zu ordnen versucht. Die Krystallotektonik erweitert wesentlich den krystallographischen Gesichtskreis, sie lehrt, dass man nicht nur die Formen der Krystalle berücksichtigen darf, um einen Einblick in die Natur einer Krystallreihe zu erlangen, sondern dass man die die Krystalle zusammensetzenden „Subindividuen“ und die Art und Weise ihres Aufbaues zu erforschen hat. Aeusserlich und physikalisch gleiche Krystalle können sich als verschieden gebaut erweisen und wesentliche krystallographische Unterschiede zeigen.

Während es zahlreiche und ausführliche Angaben über die Mannigfaltigkeit der Krystallformen und die physikalischen, besonders optischen Eigenschaften der Krystalle in der Literatur giebt, sind auf den Aufbau der Krystalle bezügliche Beobachtungen und Untersuchungen noch so spärlich, dass ich dergleichen, um die nöthigen Beispiele zu erhalten, vielfach anstellen musste.

Wie sich heutzutage der Zoologe und Botaniker nicht damit begnügen darf, die Organismen zu beschreiben, sondern sich bemühen muss, in die Entwickelungsgeschichte einzudringen, so ist es auch die Aufgabe des Krystallographen, an Stelle der nackten Beschreibungen der Formen und physikalischen Eigenschaften, die Entwickelung derselben aus dem Bau der Krystalle zu geben.

Gerade unter den optischen Eigenschaften der Krystalle giebt es viele, welche nur in der Art und Weise der Tektonik ihre Erklärung finden. Darauf weiter einzugehen, lag jedoch nicht im Plane für den vorliegenden Band und muss einer spätern Zeit vorbehalten bleiben.

Das so wichtige Kapitel, die Theilbarkeit der Krystalle, habe ich in einem besondern Aufsatze abgehandelt, welcher in den Schriften des naturwissenschaftlicen Vereins für Schleswig-Holstein abgedruckt und auch als Separatabdruck bei E. S. Mittler und Sohn erschienen ist.

Die Figuren sind in denselben Dimensionen, wie in den G. Rose'schen Elementen, angefertigt und habe ich auf die correcte Herstellung derselben einen besondern Werth gelegt. Unterstüzt wurde ich darin von dem Herrn Verleger, Dr. Toeche, welcher das Lithographiren derselben der schon bekannten kunstfertigen Hand des Herrn Lithographen C. Laue übertragen hat.

Herrn Prof. Dr. M. Websky, welcher durch die gütige Erlaubniss zur Benutzung des mineralogischen Museums der Universität Berlin meine Arbeit wesentlich gefördert hat, spreche ich hiermit meinen Dank aus.

Kiel, im April 1876.

A. Sadebeck.

Inhalts-Verzeichniss.

I. Ausbildung der Krystalle.

Die vollkommen regelmässig gedachten Formen fehlen unter den Krystallen, sie haben denselben gewissermassen nur als Vorbilder, Ideale gedient und werden deshalb auch ideale Formen genannt. Die Abweichungen der Krystalle von der idealen Form beruhen auf dem Gesetz, demzufolge jede Fläche parallel mit sich selbst beweglich ist.

Demnach können die einzelnen gleichnamigen Flächen verschiedene Entfernungen vom Mittelpunkte haben, wie es Fig. 18 an einem regulären Oktaëder zeigt. Je nachdem nun alle oder nur einige der gleichnamigen Flächen verschieden weit vom Mittelpunkte entfernt sind und je nachdem die verschiedenen Entfernungen grössere oder geringere Unterschiede der Länge zeigen, sind die Abweichungen der Krystalle von den idealen Formen sehr verschieden. Jede einzelne Form ist in ihrer Erscheinungsweise als Krystall einer grossen Mannigfaltigkeit fähig, so dass man wohl annehmen kann, es existiren nicht zwei Krystalle, welche congruent sind.

Eine nothwendige Folge der verschiedenen Entfernung gleichnamiger Flächen vom Mittelpunkt ist die veränderliche Gestalt der Flächen, indem die gleichnamigen Flächen sowohl unter sich eine verschiedene Gestalt haben, als auch eine von der idealen Gestalt abweichende.

An dem regulären Oktaëder haben sämmtliche Flächen bei der idealen Ausbildung eine gleichseitig dreiseitige Gestalt; Fig. 18 stellt ein Oktaëder dar, bei welchem nur eine Fläche

diese Gestalt besitzt, die übrigen Flächen Vier-, Fünf- oder Sechsecke sind.

Eine weitere Folge der parallelen Beweglichkeit der Flächen ist die, dass durch das Ausdehnen gewisser Flächen andere, bei der idealen Form vorhandene ganz zurückgedrängt werden, die Flächen also nicht vollzählig auftreten. So sind bei der Fig. 10 gezeichneten Ausbildung des Mittelkrystalls zwischen Oktaëder und Hexaëder die Oktaëderflächen an den Endpunkten der vertical gestellten Axe so stark entwickelt, dass die Hexaëderflächen, welche ihre Ecken abstumpfen würden, gar nicht zur Erscheinung kommen. In den meisten Fällen jedoch sind die sämmtlichen Flächen einer einfachen Form ausgebildet, allerdings einige sehr klein, so dass man sie nur mit Mühe erkennen kann.

Andere Krystalle sind dadurch ausgezeichnet, dass sie nach bestimmten Richtungen verlängert oder verkürzt sind, wodurch Formen entstehen, welche an die Symmetrie anderer Systeme erinnern, als dem, welchem sie angehören; diese Eigenschaft heisst Pseudosymmetrie. So stellt die Fig. 10 einen nach einer Grundaxe verlängerten Mittelkrystall dar, welcher dadurch das Aussehen eines quadratischen Krystalls erhält. Die schon in den Elementen I. theoretisch abgeleiteten Beziehungen der einzelnen Krystallsysteme unter einander treten hier direct in der Ausbildung der Krystalle vor Augen. Man erkennt daraus, dass die Natur zur Herstellung gewisser äusserer Formen nicht an die durch die Krystallsysteme gegebenen Gesetze gebunden ist. Nicht die äussere Form ist es, welche einen Krystall in ein bestimmtes System verweist, die Winkel sind das massgebende und diese sind in bestimmten Grenzen constant und unveränderlich.

Derartige Abweichungen von den idealen Formen können, besonders wenn sie sehr beträchtlich sind, die richtige Deutung und Stellung der Krystalle sehr erschweren. Andererseits sind sie aber für die reine Krystallographie von grosser Wichtigkeit, indem durch sie Kanten zur Erscheinung kommen, welche bei den idealen Formen nicht direct sichtbar sind. So stellt Fig. 14 ein Oktaëder dar, welches durch Verlängerung in der Richtung einer Kante ein prismatisches Aussehen hat, zwei bei der idealen Form in einer Ecke einander gegenüber-

liegende Flächen treffen hier in einer Kante zusammen. Auf diese Weise kommt die durch diese Kante bestimmte Zone besonders deutlich zur Erscheinung; bei Fig. 13 erkennt man den Zonenverband zwischen Hexaëder, Oktaëder und Dodekaëder deutlicher, als bei El. I. Fig. 6. Es können durch die verschiedenen Ausbildungsarten der Krystalle versteckte Zonen zum Vorschein kommen, das heisst solche Zonen, deren Flächen bei den idealen Krystallen nicht in parallelen Kanten zum Schnitt kommen. Deshalb empfiehlt es sich beim Studium der Krystallform eines Minerals möglichst viele Krystalle zu untersuchen, besonders bei complicirteren Combinationen.

Unter den verschiedenen Ausbildungsarten der einfachen Krystalle macht sich häufig eine Gesetzmässigkeit geltend. Dies ist zunächst bei einer Anzahl einaxiger Krystalle der Fall, welche an den beiden Endpunkten einer und derselben krystallographischen Axe eine verschiedene Ausbildung zeigen. Derartige Krystalle (Fig. 1—9) heissen hemimorph, die Eigenschaft selbst, hemimorph ausgebildet zu sein, wird Hemimorphismus genannt. Der Hemimorphismus gewinnt dadurch an Bedeutung, dass die krystallographisch verschieden ausgebildeten Enden einer Axe sich pyroëlektrisch verschieden verhalten.

Da dem Hemimorphismus eine grössere Gesetzmässigkeit, als den Pseudosymmetrieen zu Grunde liegt, so soll dieser vor denselben abgehandelt werden.

A. Hemimorphismus.

Die Axe, an deren beiden Enden die hemimorphen Krystalle verschieden ausgebildet sind, macht sich auch als elektrische Axe geltend. Beim Erwärmen treten daher an beiden Enden elektrische Pole auf, indem die Krystalle an dem einen Endpunkte dieser Axe positiv, an dem andern dagegen negativ elektrisch werden; beim Erkalten lässt jeder der beiden Pole die entgegengesetzte Elektricität frei werden, der positive negative und der negative positive.

Dies Verhalten führt auf eine bequeme, leicht fassliche Bezeichnung der Pole, durch welche die Art der Elektricität bei einer Temperaturveränderung im Allgemeinen unzweideutig ausge-

drückt wird. Analog elektrischen Pol nannte G. Rose *) den, an welchem das algebraische Zeichen der Temperaturveränderung mit dem Zeichen der erregten Elektricität übereinstimmt, antilog den, bei welchem sich diese Zeichen widersprechen. Der analoge Pol eines Krystalls wird also durch Erwärmung positiv, durch Erkaltung negativ elektrisch, der antiloge hingegen durch Erwärmung negativ, durch Erkaltung positiv.

Die Zeichen + und — bei den Figuren geben die Elektricität bei abnehmender Temperatur an, welche bequemer zu beobachten ist, so dass also am antilogen Pole +, beim analogen — steht.

Die gegenseitige Abhängigkeit der krystallographischen und elektrischen Eigenschaften ermöglicht es, bei den schon untersuchten Substanzen aus der krystallographischen Beschaffenheit eines Endes den elektrischen Charakter desselben zu erkennen.

Die Hauptbeispiele für Hemimorphismus liefern das hexagonale, rhombische und monokline Krystallisationssystem, das quadratische und trikline haben kein deutliches Beispiel aufzuweisen.

1. Hexagonales System.

Hierher gehört als vorzüglichstes und am längsten bekanntes Beispiel der rhomboëdrisch krystallisirende Turmalin, bei welchem die elektrische Axe in die krystallographische Hauptaxe fällt.

Die Krystalle sind Combinationen der beiden sechsseitigen Prismen und eines zwölfseitigen Prismas mit Rhomboëdern, Skalenoëdern und der geraden Endfläche. Die Prismen herrschen gewöhnlich vor, so dass die Krystalle säulenförmig erscheinen. Das Hauptrhomboëder mit einem Endkantenwinkel von 133° 26′ ist das häufigste Rhomboëder. Es finden sich sodann noch vorzüglich das erste spitzere und erste stumpfere Rhomboëder, sowie Skalenoëder aus der Kanten- und Diagonalzone des Hauptrhomboëders.

Bei den Formen, welche dem Hemimorphismus unterworfen sind, sind die an dem einen Ende der Hauptaxe liegenden Flä-

*) P. Riess und G. Rose, über Pyroëlektricität der Mineralien, Abh. der Akad. der Wissensch. Berlin 1843.

chen besonders entwickelt, die an dem andern fehlen entweder ganz oder treten doch mehr zurück. Da nun in jeder rhomboëdrischen Krystallreihe das erste sechsseitige Prisma als ein Rhomboëder mit unendlicher Hauptaxe zu betrachten ist, also die einen abwechselnden Flächen dem obern Ende der Hauptaxe, die andern dem untern angehören, so muss dieses Prisma durch Hemimorphismus zu einem dreiseitigen Prisma (Fig. 1.) werden.

Als solches erscheint es auch bei den meisten Turmalinkrystallen; treten die zurückgedrängten Prismenflächen noch auf, so sind sie gewöhnlich nur klein. Das zweite sechsseitige Prisma dagegen erleidet keine Veränderung, da bei ihm, als einem unendlich spitzen Hexagondodekaëder 2. Ordnung von jeder Fläche die eine Hälfte dem obern Ende der Hauptaxe, die andere dem untern angehört, so dass durch Hemimorphismus keine Fläche verschwinden kann.

1. und 2. Prisma treten häufig mit einander in Combination. Je nachdem nun in dieser Combination die Flächen des dreiseitigen Prismas oder die Flächen des zweiten sechsseitigen Prismas vorherrschen, erscheint das dreiseitige Prisma durch die Flächen des sechsseitigen Prismas an den Kanten zugeschärft (Fig. 2), oder das sechsseitige Prisma durch das dreiseitige an den abwechselnden Kanten abgestumpft (Fig. 3.). Die zwölfseitigen Prismen müssen hemimorph als symmetrisch sechsseitige auftreten, z. B. $(a : {}^1/_5 a : {}^1/_4 a : \infty c)$.

Die Flächen des Hauptrhomboëders bilden nun an den Enden des am häufigsten vorkommenden dreiseitigen Prismas eine dreiflächige Zuspitzung, die an dem antilogen Pol auf den Kanten, an dem analogen Pol auf den Flächen des Prismas gerade aufgesetzt ist (Fig. 1). Häufig ist das Hauptrhomboëder an beiden Enden entwickelt, aber es sind dann die Flächen im Aussehen verschieden, die an dem analogen Pol liegenden sind glatt und glänzend, die an dem antilogen dagegen mehr oder minder matt und häufig nach der schiefen Diagonale gestreift. Letzteres ist besonders deutlich bei den Krystallen im Dolomit von Campolungo am St. Gotthard. Das 1. spitzere Rhomboëder kommt häufiger am antilogen Pol vor, so bei dem Turmalin von Arendal (Fig. 1); das 1. stumpfere vorzugsweise am analogen Pol, z. B. bei dem Turmalin von Kaeringsbricka in Schweden (Fig. 2).

Die gerade Endfläche erscheint gewöhnlich an dem analogen Ende, mitunter allein, so bei den Krystallen von Schaitansk im Ural (Fig. 3) und ist matt; tritt sie an dem antilogen Pol auf, so ist sie nie allein vorhanden und immer glänzend.

Die Skalenoëder sind stets hemimorph entwickelt und finden sich meist nur am antilogen Ende, herrschend z. B. ($a : {}^1/_3a : {}^1/_2a : c$) (Fig. 3), untergeordnet(${}^1/_3a : {}^1/_5a : {}^1/_2a : c$) bei den Krystallen vom Sonnenberge bei Andreasberg.

Im Allgemeinen kann man noch hinzufügen, dass das flächenreichere Ende dem antilogen Pol entspricht.

Die eben angegebene krystallographische Ausbildung der Turmalinkrystalle lässt in den meisten Fällen leicht erkennen, welches Ende der Krystalle dem analogen und welches dem antilogen Pol angehört.

Allerdings kommen auch Abweichungen von der Regel vor, indem sich zuweilen die elektrischen Pole zur krystallographischen Ausbildung der Enden den eben dargestellten Beziehungen gerade entgegengesetzt verhalten, so bei den braunen flächenreichen Krystallen von Gouverneur im Staate New-York und den schwarzen vom Sonnenberge bei Andreasberg, bei Krystallen von Bovey Tracy in Devonshire und einzelnen Krystallen von Penig in Sachsen. Dieses abweichende Verhalten hat nach Hankel*) seinen Grund in den bei der Bildung der Krystalle obwaltenden Umständen.

2. Rhombisches System.

In diesem System ist der Hemimorphismus am verbreitetsten und findet immer an der Hauptaxe statt.

1) Kieselzinkerz. Die Krystalle des Kieselzinkerzes sind durch die auffallend verschiedene Ausbildung an beiden Enden ausgezeichnet, die aber nur selten zu sehen ist, da die Krystalle gewöhnlich mit einem und zwar stets mit demselben Ende, welches dem antilogen Pol entspricht, aufgewachsen sind,

An diesem Pol herrscht das Rhombenoktaëder s ($a : {}^1/_2b : c$) besonders bei den Krystallen von Altenberg bei Aachen (Fig. 5) vor, das Längsprisma f bei den Krystallen von Bleiberg in

---

*) Hankel, elektrische Untersuchungen, Abh. der Kgl. Sächs. Ges. d. Wissensch. Band X. S. 356.

Kärnten (Fig. 6). Diese letztern Flächen sind aber abgerundet und fliessen in eine rundliche Fläche zusammen.

An dem analogen Pol sind die horizontalen Prismen vorwiegend entwickelt und zwar bei den Krystallen von Altenberg die mit dreifacher Hauptaxe, $3\,d$ $(a : \infty b : 3c)$ und $3f$ $(\infty a : b : 3c)$, das Haupt- Längs- und Querprisma f und d ist nur klein und auch die gerade Endfläche ist nur schwach ausgebildet; bei den Krystallen von Bleiberg herrscht das Haupt- Längs- und Querprisma und es tritt nur noch $3d$ hinzu.

Ein ähnliches Verhalten der beiden Pole zeigen auch die Krystalle anderer Fundorte, so dass man leicht aus der krystallographischen Beschaffenheit der Enden die Lage der elektrischen Pole bestimmen kann. Bemerkenswerth ist, dass hier im Gegensatz zum Turmalin eine grössere Anhäufung von Flächen am analogen Pole vorhanden ist.

2) Struvit. (Fig. 9.) Beim Struvit erscheint wie beim Kieselzinkerz von Altenberg am antilogen Pol das Haupt- Quer- und Längsprisma herrschend, am analogen dagegen nur das Querprisma d und die bauchige gerade Endfläche; durch die letztere und das Fehlen des Haupt-Längsprismas ist dieses Ende leicht von dem antilogen zu unterscheiden.

3) Weinsaures Kali. Die Krystalle sind tetraëdrisch, es herrscht Quer- und Längsfläche und das verticale Prisma bildet nur schmale Abstumpfungen dieses rectangulären Prismas. Der antiloge Pol ist bestimmt durch das allein auftretende zweite Tetraëder $^1/_2 o'$, — wie überhaupt alle Salze der gewöhnlichen Rechtsweinsäure links hemiëdrisch sind, die der Linksweinsäure dagegen rechts hemiëdrisch — der analoge Pol durch die vorherrschend entwickelte gerade Endfläche und die untergeordneten Flächen des zweiten Tetraëders.

Interessant ist hier der Umstand, dass die Krystalle auch eine starke Circularpolarisation zeigen.

3. Monoklines System.

Bei den beiden vorzüglichsten Beispielen den Weinsäuren und dem Zucker fällt die elektrische Axe mit der horizontalen Nebenaxe b zusammen und die Krystalle sind an den beiden Endpunkten dieser Axe hemimorph ausgebildet.

1) Weinsäuren (Fig. 7 und 8). Die Krystalle sind im Wesentlichen eine Combination des verticalen Prismas g, der

Querfläche *a*, der Basis *c*, der vordern und hintern schiefen Endfläche *d* und *d'* und des basischen Prismas *f*, dessen Flächen hemimorph sind. Bei der gewöhnlichen Weinsäure (Rechtsweinsäure) erscheinen diese letztern Flächen nur an der rechten Seite (Fig. 7), an der linken dagegen treten nur die Flächen des verticalen Prismas auf, das rechte Ende der *b*Axe entspricht dem analogen Pole, das linke dem antilogen.

Die Krystalle der Linksweinsäure *) (Fig. 8) haben im Allgemeinen dieselbe Form mit denselben Winkeln, aber es treten die Flächen des basischen Prismas nur an dem rechten Ende der Axe *b* auf und fehlen an dem linken. Die Formen der beiden Säuren sind Spiegelbilder von einander, wenn man die Krystalle mit ihren Längsflächen parallel der Ebene des Spiegels stellt. In Bezug auf die hemimorph ausgebildeten Flächen bleibt die Vertheilung der Elektricität dieselbe, wie bei der Rechtsweinsäure, es entspricht das flächenreiche, hier rechte Ende der *b*Axe dem antilogen, das linke dagegen dem analogen Pol; die elektrische Axe hat also bei den beiden Säuren eine gegensinnige Lage.

Der Gegensatz zwischen der Rechts- und Linksweinsäure macht sich auch in dem optischen Verhalten ihrer Lösungen geltend, indem die gewöhnliche Säure die Polarisationsebene des Lichtes nach rechts dreht, die Linksweinsäure dagegen nach links.

2) Zucker. Derselbe stimmt sowohl in seinem krystallographischen, als auch elektrischen Verhalten mit der Rechtsweinsäure überein.

Allgemeine Betrachtungen über die Beziehungen der Pyroëlektricität zur Krystallform **).

Die Pyroëlektricität der Krystalle ist nicht durch den Hemimorphismus bedingt, sondern wahrscheinlich eine allgemeine Eigenschaft aller Krystalle, soweit die übrigen physikalischen Eigenschaften ihre Anhäufung bis zu messbarer Stärke überhaupt gestatten. Wie der Hemimorphismus in der

*) Pasteur, Ann. de chim. et de phys. 3. Sér. Bd. 28 S. 56.
**) Hankel, a. a. O. S. 6.

Krystallographie als ein Ausnahmefall dasteht, so ist auch das Auftreten polarer, d. h. an den Enden mit entgegengesetzter Polarität erscheinender Axen ein Ausnahmefall, der eben durch die hemimorphische Bildung erzeugt wird.

In ähnlicher Weise wie durch den Hemimorphismus eine krystallographische Verschiedenheit der Enden hervortritt, ist es auch bei der geneigtflächigen Hemiëdrie und Tetartoëdrie in Bezug auf die Axen der Fall, an deren Endpunkten die Flächen verschieden ausgebildet sind, mithin wird auch bei geneigtflächig hemiëdrischen und tetartoëdrischen Krystallen das Auftreten polarer Elektricität zu erwarten sein.

Bei den regulären tetraëdrischen Krystallen ist die polare Elektricität sehr deutlich z. B. beim Borazit an den Enden der rhomboëdrischen Axen ausgebildet. Eigenthümlich ist hierbei der Umstand, dass ein zweimaliger Wechsel in der Polarität eintritt, sowohl bei steigender, als auch bei sinkender Temperatur.

Das Verhalten der Enden ist folgendes:

		am 1. (glatten) Tetraëder.	am 2. (matten) Tetraëder.
Bei steigender Temperatur	zuerst	—	+
	dann	+	—
	darauf	—	+
	zuletzt	0	0
Bei sinkender Temperatur	zuerst	+	—
	dann	—	+
	darauf	+	—
	zuletzt	0	0

Besonders wichtig für die krystallographische Auffassung, dass die mit hemiëdrischen Formen zusammen auftretenden holoëdrischen nur scheinbar holoëdrische, in der That aber hemiëdrische sind, ist das Verhalten der Hexaëderflächen, in deren Eckpunkten 4 elektrische Pole liegen und zwar je zwei gleichnamige an den Endpunkten einer Diagonale. Auf den Flächentheilen des ersten Hexaëders erstreckt sich bei abnehmender Temperatur eine positive Zone von der einen Ecke über die Mitte der Fläche bis zur diagonal gegenüberliegenden, bei denen des zweiten Hexaëders verbreitet sich die negative Elektrici-

tät in entsprechender Weise. Gehören die Flächen nur dem ersten Hexaëder an, so wird die ganze Fläche nur von positiver Elektricität eingenommen, gehören sie dem zweiten Hexaëder an, nur von negativer.

Sind beide Hexaëder combinirt, was jedoch nur selten der Fall ist, so erscheint die Mitte der Fläche nicht elektrisch und in der Richtung der einen Diagonale tritt positive, in der Richtung der andern negative Elektricität auf.

Der oben dargestellte Wechsel der Polaritäten erstreckt sich auch auf die Hexaëderflächen.

Im hexagonalen System wird bei der rhomboëdrischen Hemiëdrie die Symmetrie gar nicht, wohl aber durch die Tetartoëdrie und zwar in der Richtung der Nebenaxen, gestört, weshalb auch nach diesen Richtungen hin die tetartoëdrischen Krystalle bei messbarer Pyroëlektricität sich polarelektrisch verhalten müssen.

Ein ausgezeichnetes Beispiel dafür ist der Quarz. Auch hier lehrt die Pyroëlektricität, dass das scheinbar holoëdrische sechsseitige Prisma als ein rechtes oder linkes trigonales Trapezoëder mit unendlicher Hauptaxe zu betrachten ist, was in ähnlicher Weise auch von den Rhomboëdern (vergl. El. I. S. 111) gilt.

Die Vertheilung der elektrischen Pole ist folgende. Die positiven Pole der elektrischen Axen fallen in diejenigen Seitenkanten des Prismas, welche an ihrem obern und untern Ende die Flächen des Trigonoëders haben, die negativen dagegen in die dazwischen liegenden. Es ziehen sich nun die positiven Zonen von einer obern Gegenrhomboëderfläche (vergl. El. I. Fig. 149 und 150) über die Seitenkante des Prismas, in welcher der positive Pol liegt, nach der nächsten untern Fläche des Gegenrhomboëders, während sich die negativen Zonen von einer obern Fläche des Hauptrhomboëders über die Prismenkante mit negativem Pol nach der nächstliegenden Fläche des Hauptrhomboëders hinziehen. Die elektrischen Zonen haben also eine schiefe Lage und diese ist je nachdem die Krystalle rechte oder linke sind, verschieden.

Diese Zonen gehen stets parallel den Combinationskanten des Trigonoëders mit dem Hauptrhomboëder, d. i. in der Richtung der Streifung des Trigonoëders. Die rechten und linken

Krystalle verhalten sich also pyroëlektrisch verschieden und stimmen darin mit der Rechts- und Linksweinsäure überein, in ähnlicher Weise auch in Bezug auf die Circularpolarisation.

Da bei Krystallen, die weder hemimorph noch geneigtflächig hemiëdrisch oder tetartoëdrisch sind, die beiden Enden einer krystallographischen Axe gleichwerthig sind, so müssen dieselben sich auch elektrisch gleich verhalten. Dies Verhalten kann aber dadurch modificirt werden, dass die beiden Enden einer Axe, sei es durch Spaltung, sei es durch künstliche Schnittflächen eine verschiedene krystallographische Entwickelung erhalten, wie die natürlich hemimorphen Krystalle zeigen.

Beim Topas sind die Enden der Hauptaxe positiv elektrisch, wenn die Krystalle vollkommen ausgebildet sind. Macht man dagegen einen Krystall hemimorph, indem man ihn an dem einen Ende nach der geraden Endfläche abspaltet, so zeigt dieses Ende negative Elektricität. Ebenso kann man die negative Elektricität an allen Enden der Hauptaxe, welche unvollkommen ausgebildet sind, wahrnehmen.

Daraus geht hervor, dass die Pyroëlektricität mit der krystallographischen Ausbildung an den Endpunkten der Axen in innigem Zusammenhange steht und dass an verschieden ausgebildeten Axenendpunkten auch verschiedene elektrische Spannungen sich wahrnehmen lassen.

Darnach wird man auch in der Richtung verschiedener Axen bei den einaxigen Krystallen verschiedene Elektricität erwarten können.

Da nun bei den Krystallen des quadratischen und hexagonalen Systems nur eine Art von Gegensatz existirt, nämlich nur zwischen den Haupt- und Nebenaxen, so werden auch nur hiernach die entgegengesetzten Elektricitäten sich vertheilen können, an den beiden Enden der Hauptaxe wird sich die eine, senkrecht zu dieser Axe aber ringsum die andere Elektricität entwickeln. Beispiele liefern Vesuvian, Apophyllit, Beryll, Kalkspath.

Bei den ringsum ausgebildeten Vesuvian-Krystallen vom Wiluiflusse in Sibirien, sind die Enden der Hauptaxe positiv, die Prismenflächen aber negativ, ebenso beim Apophyllit von Andreasberg, bei den sibirischen Beryllen und Smaragden.

Hierbei tritt noch der merkwürdige Fall ein, dass je nach

der Bildungsweise der Krystalle die beiden Elektricitäten ihren Ort wechseln, das ist der Fall z. B. bei den aufgewachsenen Vesuviankrystallen aus dem Alathal, den Beryllen von Elba.

Auch bei den Krystallen des rhombischen Systems zeigen die Enden der verschiedenen krystallographischen Axen verschiedene elektrische Spannungen, beim Topas z. B. werden die Enden der Hauptaxe und Nebenaxe (*a*) positiv erregt, die der zweiten Nebenaxe (*b*) dagegen negativ. Andere Beispiele liefern die Krystalle des Schwerspaths, Aragonits und Prehnits.

Aus den schiefwinkligen Systemen sind bis jetzt von nicht hemimorphen Krystallen mit Bestimmtheit als elektrisch bekannt: Titanit, Euklas, Diopsid, Skolezit und Axinit.

Der Titanit besitzt 4 elektrische Pole, welche in der Axenebene *a c* liegen und zwar je zwei gleichnamige einander diametral gegenüberliegende.

Bei dem El. I. Fig. 187 dargestellten Titanitkrystall, welcher am Ende des Prismas von der Basis (*c*) und den beiden vordern schiefen Endflächen *d* und $^1/_2 d$ begrenzt ist, erstrecken sich die positiven Zonen von *c* hinüber auf die anliegenden Theile von $^1/_2 d$, während die Flächen *d*, so wie der Rest der Flächen $^1/_2 d$ negative Polarität zeigen.

Für das trikline System liefert der Axinit ein Beispiel, welcher gleichfalls vier elektrische, je zwei gleichnamige einander diametral gegenüberliegende Pole hat. Die positiven Pole liegen an den spitzen von *c*, *g* und *'g* gebildeten Ecken (El. I. Fig. 192), welche zuweilen durch eine kleine Fläche schief abgestumpft sind; die negativen an den spitzen Ecken zwischen *c*, *'g* und $^1/_2 d'$.

B. Pseudosymmetrieen.

Die Pseudosymmetrieen beruhen auf der Verlängerung oder Verkürzung der Krystalle nach bestimmten Richtungen.

Diese Richtungen stehen in einfacher Beziehung zu dem Axenkreuz der Krystalle, indem sie durch die Grundaxen selbst oder die Zwischenaxen bestimmt sind.

Man ist gewohnt, die Ausdehnung oder Verkürzung der Krystalle nach bestimmten Richtungen mit dem Namen Verzerrung oder Monstrosität zu bezeichnen, Namen, welche nicht

passend sind, da man darunter etwas aussergewöhnliches und wohl auch gesetzloses sich denkt, was hier beides nicht der Fall ist. Die Pseudosymmetrieen haben für die Krystallographie eine ganz besondere Bedeutung, sowohl in theoretischer wie in praktischer Hinsicht. Hier handelt es sich zunächst darum, ihre theoretische Bedeutung darzuthun, welche darin besteht, dass die Beziehungen der verschiedenen Systeme zu einander fasslich vor Augen treten. Die praktische Bedeutung wird dann später ersichtlich werden.

Die wichtigsten Pseudosymmetrieen sind im Folgenden, nach den Systemen geordnet, dargestellt.

I. Reguläres System*).

Das reguläre System ist besonders reich an Pseudosymmetrieen, indem alle drei Arten von krystallographischen Axen, die Grundaxen, rhomboëdrischen und prismatischen als Ausbildungsrichtungen auftreten können. Darnach lassen sich zunächst dreierlei Ausbildungsformen unterscheiden, diejenige nach einer Grundaxe, welche quadratische Pseudosymmetrie zeigt, die nach einer rhomboëdrischen Axe, welche rhomboëdrische Pseudosymmetrie erzeugt und die nach einer prismatischen, wodurch rhombische Pseudosymmetrie entsteht.

1) Quadratische Pseudosymmetrie. Dadurch dass eine der Grundaxen in Bezug auf die beiden andern auffallend verlängert oder verkürzt erscheint, nimmt sie die Stellung der Hauptaxe im quadratischen System ein, die beiden andern Grundaxen spielen die Rolle der Nebenaxen. Im Allgemeinen ist die „Pseudohauptaxe" länger, als die „Pseudonebenaxen", das heisst, Verlängerung nach einer Grundaxe ist häufiger, als Verkürzung. Es erscheint darnach das Hexaëder beim Eisenkies zuweilen als quadratisches Prisma oder quadratische Tafel mit Endfläche, das Dodekaëder beim Granat als die Combination eines Oktaëders mit Prisma verschiedener Ordnung. Das Ikositetraëder $(a : a : {}^1/_2 a)$ hat zuweilen das Ansehen der Combination eines Quadratoktaëders mit Dioktaëder, in der Art dass das erstere eine Zuspitzung des letztern bildet.

Noch täuschender wird die Aehnlichkeit mit Formen des

*) A. Weisbach, Monstrositäten tesseral kryst. Min. Freiberg 1858.

quadratischen Systems dadurch, dass entsprechend der quadratischen Symmetrie gewisse Flächen verkümmern oder verschwinden. Dies ist am häufigsten mit den Flächen der Fall, welche an den Endpunkten der Pseudohauptaxe liegen, also zunächst mit den Hexaëderflächen; so bei Mittelkrystallen des Oktaëders und Hexaëders am Silberglanz und Bleiglanz, welche dann als Combinationen von Oktaëder mit 2. Prisma erscheinen (Fig. 10.). Beim Silberglanz findet gewöhnlich nur eine Verkümmerung der eine Endfläche bildenden Hexaëderfläche an einem Ende der Pseudohauptaxe statt, während diese Fläche am andern zuweilen grösser ist, was den Krystallen das Ansehen von hemimorphen Krystallen giebt. Bleiglanzkrystalle kommen ganz ohne diese Flächen vor und entsprechen genau der Fig. 10.

Dadurch, dass die bei einem regelmässig ausgebildeten Krystall an den Endpunkten der Pseudohauptaxe liegenden Flächen verschwinden, wird ein Triakisoktaëder zu einem spitzen Quadratoktaëder, z. B. beim Bleiglanz; das reguläre Oktaëder ist dann ein stumpferes Quadratoktaëder gleicher Ordnung und erscheint als vierflächige Zuspitzung des spitzen. Beim Silberglanz verschwinden in ähnlicher Weise vom Ikositetraëder $(a : a : {}^5/_6 a)$ die dem Quadratoktaëder entsprechenden Flächen, die Krystalle gleichen dann Dioktaëdern.

Von besonderem Interesse sind noch solche Formen, bei welchen ausser den am Ende liegenden Flächen noch seitliche verschwinden und zwar nach einem bestimmten Gesetz, entsprechend der trapezoëdrischen Hemiëdrie. Derartige quadratische Trapezoëder kommen beim Salmiak*) vor und gehören dem Ikositetäëder $(a : a : {}^1/_3 a)$ an, Fig. 11.

Die Trapezoëder sind von 8 gleichschenkligen Trapezen begrenzt, sie haben 16 Kanten und 10 Ecken.

Die Kanten sind dreierlei Art, 8 Endkanten, 4 kürzere und 4 längere Seitenkanten, welche abwechselnd liegen und im Zickzack auf- und niedersteigen.

Die Ecken sind zweierlei, zwei gleichkantig vierkantige Endecken und 8 ungleiche dreiflächige seitliche Ecken.

---

*) Naumann, Journ. f. pr. Chem. 50 S. 11.

Die Pseudonebenaxen verbinden die Mittelpunkte der gegenüberliegenden seitlichen Kanten.

Der basische Hauptschnitt ist ein symmetrisches Achteck, die verticalen Hauptschnitte sind Rhomben.

Die Trapezoëder sind Hälftflächner desjenigen Dioktaëders, welches man erhält, wenn man sich von einem Ikositetraëder nur die an den horizontalen Axen anliegenden Flächen ausgedehnt denkt. Die Hemiëdrie findet nach dem Gesetz statt, dass von diesem Dioktaëder die einen abwechselnden Flächen sich ausdehnen, die andern verschwinden. Je nachdem nun die eine oder die andere Hälfte der Flächen ausgedehnt ist, entstehen zwei verschiedene Trapezoëder, welche gleich, aber nicht congruent sind und sich wie ein rechter und linker Handschuh verhalten, ganz analog, wie im hexagonalen System die rechten und linken hexagonalen Trapezoëder; die Figur 11 stellt ein linkes, Fig. 12 ein rechtes Trapezoëder dar.

Häufig zeigen die Salmiakkrystalle neben der Trapezoëdrie noch Hemimorphismus in Bezug auf die Pseudohauptaxe, indem an den beiden Enden derselben die trapezoëdrischen Flächen verschiedenen Ikositetraëdern angehören, nämlich $(a : a : {}^{1}/_{3})$ und $(a : a : {}^{2}/_{5}a)$. Einen derartigen Krystall stellt Fig. 12 dar.

2) Rhomboëdrische Pseudosymmetrie findet in Bezug auf eine rhomboëdrische Zwischenaxe statt, welche vertical gestellt als Pseudohauptaxe erscheint, die 3 rhombischen Zwischenaxen, welche in der auf der Pseudohauptaxe senkrechten Ebene liegen, stellen dann die Pseudonebenaxen dar. Die Pseudohauptaxe kann kürzer oder länger sein, als die Pseudonebenaxen, ersteres ist bei Fig. 16, letzteres bei Fig. 15 und 17 der Fall.

Für die rhomboëdrische Bezeichnung der Flächen legt man das Hexaëder als Hauptrhomboëder zu Grunde.

Zunächst äussert sich die rhomboëdrische Ausbildung nur in der relativen Ausdehnung der Flächen einer regulären Form, ohne dass Flächen verdrängt werden. Die Dodekaëder des Granat sind zuweilen nach einer rhomboëdrischen Axe verlängert und erscheinen dann als die Combination des 1. stumpfern Rhomboëders mit 2. Prisma; das Ikositetraëder $(a : a : {}^{1}/_{2})$ als die Combination des 2. stumpfern Rhomboëders, des 1. Prismas und Skalenoëders $(a : {}^{2}/_{3}a : 2a : c)'$ (El. I. S. 105), wobei beson-

ders häufig die Flächen des letztern vorwiegend entwickelt sind.

Eine Verkürzung nach der Pseudohauptaxe kommt häufig beim Bleiglanz vor; Fig. 16 stellt einen Mittelkrystall von Oktaëder und Hexaëder dar, bei welchem zwei parallele, tafelförmig ausgedehnte Oktaëderflächen als gerade Endflächen erscheinen, die seitliche Begrenzung bildet das Hexaëder als Grundform und die noch übrigen Oktaëderflächen erscheinen als die Flächen des 1. spitzern Rhomboëders.

Durch starke Ausbildung in der Richtung der Pseudohauptaxe können die an den Endpunkten derselben liegenden Flächen ganz zurücktreten und fortfallen.

Ein Fortfall der Flächen am Ende der Pseudohauptaxe ist bei dem Ikositetraëder ($a : a : {}^1/_4 a$) des Chlorkaliums *) beobachtet, die Krystalle erscheinen dann als hexagonale Prismen mit skalenoëdrischer Endigung.

Grüner Flussspath von Zschoppau in Sachsen (Grube heilige Dreifaltigkeit) erscheint nach demselben Gesetz in Skalenoëdern, welche einem Tetrakishexaëder ($a : \infty a : {}^1/_3 a$) angehören (Fig. 15). Diese Form zerfällt in rhomboëdrischer Stellung in zwei Skalenoëder ($2a : {}^1/_2 a : {}^2/_3 a : c$) und ($2a : {}^4/_3 a : 4a : c$), wovon das erstere allein zur Erscheinung kommt.

Umgekehrt können auch nur die an den Endpunkten der Pseudohauptaxe liegenden Flächen auftreten, z. B. beim Tetrakishexaëder ($a : \infty a : {}^1/_2 a$) des Goldes, (El. I. Fig. 31). Demzufolge kommen nur Flächen, welche dem Hexagondodekaëder 2. Ordnung ($2a : a : 2a : {}^2/_3 c$) entsprechen, vor, die Flächen des Skalenoëders ($a : {}^1/_3 a : {}^1/_2 a : c$) verschwinden.

Schliesslich können auch sowohl die Flächen an den Enden der Pseudohauptaxe verschwinden, als auch solche an der Ebene der Pseudonebenaxen.

Gewisse Chlorkaliumkrystalle *) von der Form ($a : a : {}^1/_4 a$) zeigen dann nur die Flächen eines spitzen Rhomboëders (Fig. 17), welche den Flächen des Prismas am Ikositetraëder ($a : a : {}^1/_2 a$) entsprechen, während die Skalenoëderflächen und die Flächen des

---

*) Knop, Molekularconstitution und Wachsthum der Krystalle, Leipzig 1867. S. 48.

stumpfen Rhomboëders ganz zurücktreten. Es ist dies gewissermassen eine Tetartoëdrie des Ikositetraëders.

3) Rhombische Pseudosymmetrie entsteht dadurch, dass die Krystalle nach einer prismatischen Zwischenaxe verlängert oder verkürzt sind. Den ersten Fall zeigt das Oktaëder (Fig. 14); es erscheint in Folge dessen als rhombisches Prisma mit Längsprisma, da die Flächen des letztern auf den scharfen Prismenkanten gerade aufgesetzt sind. Derartige Krystalle kommen zuweilen beim Spinell von Ceylon vor. Das Dodekaëder erscheint als die Combination eines Rhombenoktaëders mit Quer- und Endfläche, das Hexaëder als die Combination der drei Flächenräume, Längs-, Quer- und Endfläche. Oktaëder, Hexaëder und Dodekaëder in Combination kommen in dieser Weise ausgebildet sehr schön beim Ged. Kupfer von Bogoslowsk im Ural *) vor; Fig. 13.

Verkürzungen in der Richtung einer prismatischen Zwischenaxe finden sich bei Dodekaëdern des Glaserzes, die Krystalle sind dann nach einer Dodekaëderfläche tafelförmig und die Flächen öfters auch unvollzählig, indem die der Querfläche entsprechenden Flächen verdrängt sind.

4) Monokline Pseudosymmetrie entsteht dadurch, dass die Ausbildung nach zwei verschiedenen Axen gleichzeitig stattfindet.

a. Ausbildung nach einer Grundaxe und einer prismatischen Axe.

Denkt man sich bei der Fig. 10 gezeichneten quadratischen Pseudosymmetrie des Mittelkrystalls den Krystall noch nach einer der vorhandenen Oktaëderkanten verlängert, so erhält das Oktaëder das Aussehen von zwei schiefen Prismen. Nur in dem Falle erhält man bei gleichzeitiger Entwickelung nach diesen beiderlei Axen keine monokline Form, wenn die Ausbildung nach einer Grundaxe und einer auf dieser senkrechten prismatischen Zwischenaxe vor sich geht, die Formen zeigen dann eine rhombische Pseudosymmetrie; dies könnte bei Fig. 10 der Fall sein, wenn der Krystall nach einer der horizontalen, prismatischen Axen verlängert oder verkürzt wäre.

Bei dem nach einer Grundaxe verlängerten Mittelkrystall

*) G. Rose, Reise nach dem Ural S. 401.

(Fig. 10) dehnt sich zuweilen eine Oktaëderfläche auf Kosten der andern aus und erscheint dann als vordere schiefe Endfläche, die ihr gegenüberliegende als hintere, die beiden andern Oktaëderflächen als basisches Prisma und das Hexaëder als verticales Prisma.

b. **Ausbildung nach einer Grundaxe und einer rhomboëdrischen Axe.**

Ein nach einer rhomboëdrischen Axe verlängertes Dodekaëder, welches gleichzeitig nach einer Grundaxe ausgedehnt ist, erscheint als ein monoklines Prisma mit vorderer schiefer Endfläche und hinterm schiefen Prisma, ähnlich wie die El. I. Fig. 185 gezeichnete Combination der Hornblende. Derartige Krystalle weist zuweilen der Granat auf.

Bei dem nach einer rhomboëdrischen Axe verkürzten Mittelkrystall (Fig. 16) erscheint durch Ausdehnen nach einer Grundaxe die vorwiegend ausgebildete Oktaëderfläche als Querfläche, je zwei Hexaëderflächen und je zwei Oktaëderflächen rechts und links als schiefe Prismen, die andere Hexaëderfläche als basische Endfläche und die übrige Oktaëderfläche als schiefe Endfläche.

c. **Ausbildung nach einer rhomboëdrischen und einer prismatischen Axe.**

Das nach einer prismatischen Axe verlängerte Oktaëder (Fig. 14) erhält eine monokline Pseudosymmetrie, wenn man sich eine der Flächen, welche dem Längsprima entsprechen, ausgedehnt denkt; dies ist zuweilen beim Spinell der Fall.

Alle diese monoklinen Pseudosymmetrieen kann man häufig beobachten, sie wiederholen sich aber nicht so regelmässig, wie die vorigen.

5) T r i k l i n e P s e u d o s y m m e t r i e erhalten gewisse Krystalle, welche nach einer rhomboëdrischen Axe verkürzt, zugleich nach einer in der Verkürzungsebene liegenden prismatischen Axe verlängert sind, so gewisse Bleiglanzkrystalle nach Fig. 16. Die der ausgedehnten prismatischen Axe parallelen Oktaëder- und Hexaëderflächen erscheinen dann als verticale Flächen, die übrigen als Endflächen. Der trikline Charakter würde noch mehr hervortreten, wenn gleichzeitig eine Verlängerung nach einer Grundaxe, z. B. der in der Figur verticalen stattfände.

Ueberhaupt können reguläre Krystalle, welche nach den dreierlei Axen Verlängerungen oder Verkürzungen zeigen, das

heisst, bei welchen in der Ausbildung keine Richtung vorherrscht, besonders bei grossen Unterschieden in den Entfernungen der einzelnen Flächen einer einfachen Form vom Mittelpunkt ein triklines Aussehen erhalten, so das Oktaëder (Fig. 18).

Wenn aber schon die monokline Pseudosymmetrie meist auf individuellen Ausbildungen einzelner Krystalle beruhte, so ist dies bei der triklinen in noch erhöhtem Grade der Fall.

II. Quadratisches System.

Die unter den Mineralien überhaupt seltnern quadratischen Formen zeigen auch weniger Mannigfaltigkeit an eigenthümlichen Ausbildungformen, als die regulären Krystalle. Es kommen Formen vor, welche in ihrer Symmetrie an reguläre, rhombische, monokline und trikline erinnern, während solche mit hexagonaler oder rhomboëdrischer Symmetrie nicht zur Erscheinung kommen, was sich leicht daraus erklärt, dass keine Axen vorhanden sind, in Bezug auf welche, wie im regulären System eine hexagonale Symmetrie stattfindet.

1) Reguläre Pseudosymmetrie ist zunächt die Folge davon, dass Haupt- und Nebenaxen in der Länge wenig von einander verschieden sind. In diesem Fall hat die Grundform grosse Aehnlichkeit mit dem regulären Oktaëder, so das Grundoktaëder des Braunits.

Bei andern Krystallen entsteht auch bei grössern Unterschieden in dem Längenverhältniss zwischen Hauptaxe und Nebenaxen ein reguläres Aussehen dadurch, dass Combinationen eine der regulären Symmetrie entsprechende Ausbildung der Flächen haben. So erinnert die Combination der Grundform mit dem 2. Prisma in dem Falle, dass keine Prismenkanten zur Erscheinung kommen, sondern an ihrer Stelle 4kantige Ecken, an das Dodekaëder, z. B. beim Zirkon von Ceylon. Die Combination eines quadratischen Prismas mit Endfläche sieht wie ein Hexaëder aus, wenn die Combinationskanten ungefähr eine gleiche Länge, wie die Prismenkanten haben. Besonders auffallend ist die scheinbare reguläre Symmetrie beim Leucit. Die Combination, Grundform und Dioktaëder ($^1/_4a : {}^1/_2a : c$), (El. I. Fig. 111) hat eine so täuschende Aehnlichkeit mit dem Ikositetraëder ($a : a : {}^1/_2c$), dass man bisher den Leucit für regulär hielt. Die Aehnlichkeit entsteht dadurch, dass der Endkantenwinkel der Grundform wenig von dem schärfern

Winkel des Dioktaëders abweicht und sämmtliche Flächen der Combination nahezu eine gleiche Grösse haben.

2) Rhombische Pseudosymmetrie findet dann statt, wenn die Krystalle nach einer Nebenaxe, 1. oder 2. ausgebildet sind.

Zirkon vom Ilmengebirge, die Combination der Grundform mit dem 2. Prisma ist zuweilen nach einer 1. Nebenaxe verkürzt, die eine Fläche des 2. Prismas erscheint dann als Querfläche, die andere als Längsfläche. Durch Ausdehnen nach einer 2. Nebenaxe zerfällt ein Quadratoktaëder 1. Ordnung in ein Quer- und Längsprisma.

3) Monokline Pseudosymmetrie entsteht dadurch, dass die Krystalle nach einer Oktaëderkante oder Oktaëderfläche ausgebildet sind. Ein nach einer Oktaëderkante ausgedehntes Quadratoktaëder zerfällt in ein vorderes und hinteres schiefes Prisma, wie man es öfters bei der oben angeführten Combination des Zirkons vom Ilmengebirge beobachten kann.

Die vorherrschende Ausbildung einer Oktaëderfläche kann man häufig beim Meionit vom Vesuv wahrnehmen (Fig. 19), die Combination der Grundform mit 1. und 2. Prisma erscheint dann als die monokline Combination von verticalem Prisma, Querfläche, Längsfläche, vorderer und hinterer schiefer Endfläche und Längsprisma.

3) Trikline Pseudosymmetrie ist hier, wie im regulären System die Folge unregelmässiger Ausbildung nach verschiedenen Richtungen und zeigt in ihrer Erscheinungsweise keine bestimmbare Gesetzmässigkeit.

III. Hexagonales System.

Dieses System ist wieder reich an verschiedenen Ausbildungsformen sowohl in holoëdrischer, wie hemiëdrischer Erscheinungsweise. Wie sich im quadratischen System keine Annäherung an das hexagonale findet, so ist es auch umgekehrt der Fall. Krystalle mit regulärer, rhombischer und monokliner Pseudosymmetrie sind am häufigsten und lassen sich durch bestimmte Ausdehnungsrichtungen erklären. Die triklinen Pseudosymmetrieen sind nicht auf bestimmte Richtungen zurückführbar und entziehen sich wegen ihrer Mannigfaltigkeit der besondern Betrachtung.

1) Reguläre Pseudosymmetrie kommt bei rhombo-

ëdrischen Formen vor. Der einfachste Fall ist der, dass das Rhomboëder in den Winkeln dem Hexaëder nahe kommt. So wurde das gediegene Wismuth mit einem Endkantenwinkel von 87° 36′ lange für ein Hexaëder gehalten, auch die andern rhomboëdrischen, mit Wismuth isomorphen Metalle, Antimon, Arsen weichen nicht allzusehr vom Hexaëder ab; ferner kommt beim Kalkspath ein hexaëderähnliches Rhomboëder vor und auf der Aehnlichkeit des Rhomboëders des Chabasit mit dem Hexaëder beruht der ältere Name Cuboicit.

Die ferneren Annäherungen beruhen darauf, dass die Hauptaxe zu den Nebenaxen sich nahezu so verhält, wie im regulären System eine rhomboëdrische Axe zu den prismatischen Zwischenaxen.

Die Combination eines Rhomboëders mit der Endfläche kann dann wie ein reguläres Oktaëder aussehen, z. B. Eisenglanz vom Vesuv; Kalkspath von Andreasberg, die Combination des 1. spitzern Rhomboëders mit Endfläche.

Die Combination von Rhomboëder mit 2. Prisma erhält das Aussehen eines Dodekaëders; wenn die Rhomboëder- und Prismenflächen nahezu gleiche Grösse haben. Die Combination des Kalkspaths (El. I. Fig. 143) 1. stumpferes Rhomboëder, Skalenoëder und 1. Prisma erscheint wie ein Ikositetraëder. Ferner kommen beim Kalkspath Combinationen von zwei Skalenoëdern vor, welche an ein Tetrakishexaëder erinnern.

2) Rhombische Pseudosymmetrie. Sind hexagonale Krystalle nach einer Nebenaxe ausgedehnt, so erscheint diese als die längere Nebenaxe *b* des rhombischen Systems und die darauf senkrechte 2. Nebenaxe als die kürzere *a*. Demgemäss stellt sich die Fig. 20 gezeichnete Combination des Quarzes als eine Form dar, welche grosse Aehnlichkeit mit der Form des Chrysoberylls (El. I. Fig. 162) hat, Oktaëder, Querprisma, verticales Prisma und Querfläche, es fehlt nur Längsprisma, Längsfläche und gerade Endfläche. Beim Kalkspath werden durch Ausdehnen nach einer 2. Nebenaxe hexagonale Tafeln zu rhombischen, wobei die an den Endpunkten der betreffenden Axe liegenden Flächen sogar ganz verschwinden können.

3) Monokline Pseudosymmetrie. Hexagondodekaëder oder die Combination von Haupt- und Gegenrhomboëder nach

einer Endkante oder Fläche ausgedehnt erinnern an monokline Krystalle. Derartige Beispiele liefert der Quarz. Der Bergkrystall aus dem Dauphiné zeigt meist eine Hauptrhomboëderfläche sehr stark ausgedehnt, welche fast bis zum Verschwinden der andern Rhomboëderflächen das Aussehen einer schiefen Endfläche gegen das Prisma gewinnt. Mit der Verlängerung nach einer Endkante ist häufig die Verkürzung nach der zweiten Nebenaxe verknüpft, welche auf der verlängerten Endkante senkrecht steht. Man glaubt, monokline Krystalle vor sich zu haben, welche nach der Längsfläche tafelförmig sind und am Ende ein stark entwickeltes vorderes schiefes Prisma und mehr zurücktretendes hinteres haben.

Rhomboëder, welche nach einer Kantenrichtung entwickelt sind, erscheinen als monokline Prismen mit schiefer Endfläche, z. B. Spaltungsgestalten des Kalkspaths.

IV. Rhombisches System.

Annäherungen an das reguläre, quadratische und hexagonale System ergeben sich leicht aus dem veränderlichen Verhältniss der 3 Grundaxen; bei nahezu gleicher Länge der 3 Axen ist die Möglichkeit einer Aehnlichkeit mit regulären Formen gegeben, bei nahezu gleicher Länge von 2 Axen mit quadratischen und bei ungefährem Verhältniss von $1 : \sqrt{3}$ *) mit hexagonalen. Die Formenähnlichkeit wird dann wirklich stattfinden, wenn auch die durch die Symmetrie des betreffenden Systems verlangten Flächen zur Erscheinung kommen.

1) Reguläre Pseudosymmetrie tritt im rhombischen System meist sehr in den Hintergrund. Beim Antimonglanz nähert sich das Grundoktaëder dem regulären, es hat in den dreierlei Kanten 109° 16′, 108° 10′ und 110° 59′, kommt aber nie selbstständig vor. Das Oblongoktaëder des Olivenerzes hat ein reguläres Aussehen, da ein Winkel 109° 52′ beträgt. Die Combination von Längs-, Quer- und Endfläche beim Anhydrit ist mitunter hexaëdrisch ausgebildet. Der Skorodit vom Graul bei Schwarzenberg in Sachsen zeigt Formen, die wie Dodekaëder aussehen, es sind Combinationen von Oktaëder mit Längs- und Querfläche, vergl. El. I. Fig. 171, ohne die Flächen g und $^1/_3 g$.

---

*) Bei einem rhombischen Prisma von 120° verhält sich $a : b =$ Sin. $30 :$ Sin. $60° = {}^1/_2 : {}^1/_2 \sqrt{3} = 1 : \sqrt{3}$.

2) Quadratische Pseudosymmetrie. Bei nahezu gleicher Länge der *a* und *b* Axe weichen die Winkel des verticalen Prismas wenig von 90° ab, so beim Andalusit, Antimonglanz, Mesotyp. Besonders bei letzterm ist die quadratische Symmetrie auffallend, da auch das stumpfe Oktaëder, welches das Prisma zuspitzt nahezu gleiche Endkantenwinkel, 143° 20′ und 142° 40′ hat.

Ferner erhalten die Krystalle ein quadratisches Aussehen, wenn Längs- und Querfläche sehr vorherrschen und in der Grösse nicht bedeutend verschieden sind. So erscheinen manche Desminkrystalle (El. I. Fig. 163) als Quadratoktaëder mit dem 2. Prisma. Auch kann die vorhin erwähnte Combination der dreierlei Flächenräume beim Anhydrit wie quadratisch erscheinen.

3) Hexagonale Pseudosymmetrie. Prismen von nahezu 120° sind im rhombischen System sehr häufig, tritt dann zu dem Prisma die Längsfläche, so hat die Form grosse Aehnlichkeit mit einem hexagonalen Prisma. So erscheinen die Tafeln des rhombischen Glimmers, des Muscovits, Lepidoliths und Phlogopits als hexagonale Tafeln, was hier von besonderer Bedeutung ist, da der Biotit (Magnesiaeisenglimmer) dem hexagonalen System angehört. Erscheint am Ende eines solchen scheinbar hexagonalen Prismas ein zu dem Prisma gehöriges Oktaëder und ein Längsprisma, welches die Oktaëderkanten schief abstumpft, so dass die Winkel der Combinationskanten nahezu mit den der nicht abgestumpften Oktaëderkanten übereinstimmen, so entstehen Formen, welche Aehnlichkeit mit der Combination des hexagonalen Prismas und Hexagondodekaëders haben; El. I. Fig. 165 stellt eine derartige Form des Witherits dar, welche auffallend an die gewöhnliche Quarzform (El. I. Fig. 122) erinnert.

4) Monokline Pseudosymmetrie wird hier, wie im quadratischen System zunächst dadurch hervorgerufen, dass ein Rhombenoktaëder nach einer Endkante stark ausgedehnt ist. Fig. 21 stellt die El. I. Fig. 159 gezeichnete Combination des Topases aus Brasilien in der Weise dar, dass durch das Vorherrschen der obern vordern Oktaëderflächen die hintern ganz verdrängt sind. Die Form erscheint auf diese Weise als die monokline Combination zweier verticaler Prismen mit dem vordern schiefen Prisma der Grundform. Bezieht sich die verschiedene Ausbildung auf

die Flächen eines Quer- oder Längsprismas, so erscheinen diese als vordere und hintere schiefe Endflächen.

V. Monoklines System.

Die monoklinen Krystalle erscheinen als Formen mit einfachern Symmetrieverhältnissen, wenn der Neigungswinkel der *a*Axe nicht allzusehr von 90° abweicht und wenn die der einfachern Symmetrie entsprechenden Flächen sämmtlich entwickelt sind. Durch Ausdehnen nach einer Nebenaxe wird die monokline Symmetrie nicht verändert, die Krystalle erhalten nur ein anderes Aussehen, wie die Fig. 22 und 23 zeigen, welche Krystalle des Titanits und Orthoklases nach der geneigten Nebenaxe verlängert darstellen. Der trikline Charakter entsteht dadurch, dass die gleichnamigen Flächen rechts und links eine verschiedene Grösse haben.

1) Reguläre Pseudosymmetrie ist im monoklinen System nicht häufig und auch keine sehr in die Augen springende. Das beste Beispiel liefert noch die Hornblende aus den basaltischen Tuffen von Böhmen (El. I. Fig. 185), bei nahezu gleicher Länge sämmtlicher Kanten hat diese Form Aehnlichkeit mit einem Dodekaëder, aber die Winkelunterschiede sind zum Theil bedeutend.

2) Die quadratische Pseudosymmetrie kommt bei weitem mehr ausgesprochen vor, so wurde die Form des Skolezit (El. I. Fig. 181) früher für die Combination eines Quadratoktaëders und quadratischen Prismas gehalten. Eine theilweise quadratische Symmetrie, das heisst in einer Zone zeigt die Form des Orthoklases (Fig. 23); in der durch die *a*Axe bestimmten Zone erscheint die Basis, Längsfläche und das basische Prisma 2*f*, wie 1. und 2. quadratisches Prisma, wobei aber die Flächen 2*f* nicht genau einen rechten Winkel bilden.

3) Rhomboëdrische Pseudosymmetrie zeigt die Combination des Eisenvitriols (Fig. 24), welche Haüy für eine rhomboëdrische Combination hielt, derselbe fasste die Flächen des verticalen Prismas *g* und der Basis *c* zusammen als das Hauptrhomboëder auf, die hintere schiefe Endfläche *d'* als grade Endfläche, die vordere schiefe Endfläche *d* und das basische Prisma *f* als 1. spitzeres Rhomboëder, das vordere schiefe Prisma *o* und die Längsfläche *b* als 2. hexagonales Prisma. Ein weiteres Beispiel liefert der Klinochlor.

Auch die bei der regulären Pseudosymmetrie dieses Systems erwähnte Combination der basaltischen Hornblende erscheint zuweilen bei gleichmässiger Ausbildung der Basis und des schiefen Prismas als die Combination eines stumpfen Rhomboëders mit dem 2. hexagonalen Prisma, da der Prismenwinkel 124° 30′ beträgt, also nur wenig von 120° abweicht.

4) Die rhombische Pseudosymmetrie ist besonders bei Datolith und Wolfram ausgesprochen, da hier der Neigungswinkel der *a*Axe nur sehr wenig von 90° abweicht; letzterer wurde auch lange für rhombisch gehalten.

Die El. I. Fig. 182 gezeichnete Combination des Gypses hat ein rhombisches Aussehen, da die Flächen des vordern und hintern schiefen Prismas der Grundform nahezu gleich entwickelt sind. Die gewöhnliche Form des Pistazits, Prisma, Längsfläche und schiefes Prisma ist sehr ähnlich der Form des Aragonits von Bilin. Der Orthoklas zeigt in der Adular genannten Abänderung als Endigung häufig die Basis und hintere schiefe Endfläche im Gleichgewicht. Beide Flächen sind unter nahezu gleichem Winkel auf die Prismenkanten aufgesetzt und erscheinen somit als Querprisma.

5) Trikline Pseudosymmetrie. Beim Orthoklas ist schon darin eine Neigung zum triklinen System ausgesprochen, dass das verticale Prisma nach der einen Fläche deutlicher spaltbar ist, als nach der andern. Ein triklines Aussehen erhalten die Krystalle häufig dadurch, dass eine der Flächen des hintern schiefen Prismas *o*′ (El. I. Fig. 177) stärker ausgebildet ist, als die andere.

VI. Triklines System.

Hier kann die vorwiegende Ausbildung nach einer Richtung keinen Einfluss auf die Symmetrie ausüben, nur die Winkel und Anordnungen der Flächen können bei den Krystallen eine höhere Pseudosymmetrie hervorrufen. Daraus, dass nur wenige Mineralien in diesem System krystallisiren, erklärt es sich leicht, dass bis jetzt nur wenige Beziehungen zu den übrigen Systemen aufgefunden sind. Einzelne Fälle sind indess hervorzuheben. Der Kryolith wurde früher für rhombisch gehalten, da die 3 Spaltungsrichtungen nahezu auf einander rechtwinklig stehen, bis durch genaue Messungen an Krystallen die trikline Symmetrie festgestellt wurde. Diese Krystalle, hauptsächlich begrenzt

durch 3 nahezu rechtwinklige Flächen erinnern nicht nur an rhombische, sondern zuweilen auch an quadratische, sogar reguläre Symmetrie, da sie das Aussehen von quadratischen Prismen oder Hexaëdern haben.

Die Periklin genannten Albitkrystalle, welche dadurch charakterisirt sind, dass sie nach der *b*Axe stark ausgedehnt sind, haben nach dieser Axe vertical gestellt ein rhombische Pseudosymmetrie; die schiefen Endflächen *c* und *d'* (El. I. Fig. 189,) bilden dann ein rhombisches Prisma, die Längsfläche *b*, die gerade Endfläche und die Prismenflächen *g* ein Längsprisma.

Der gewöhnliche Albit erinnert in der Anordnung seiner Flächen sehr an Orthoklas, indem rechts und links Flächen auftreten, welche in ihrer Lage dem hintern schiefen Prisma *o'* des Orthoklases entsprechen.

II. Zwillingsbildungen.

Ausser den einfachen Krystallen kommen auch regelmässige Verwachsungen von zwei und mehreren Krystallen vor, welche gegen einander eine gesetzmässige, aber entgegengesetzte Lage haben und Zwillinge, Drillinge etc. genannt werden.

1) Stellung der Individuen im Zwilling.

Die entgegengesetzte Lage der Individuen bezieht sich auf eine Linie, welche beiden Individuen gemeinsam ist und in beiden eine gleiche krystallographische Bedeutung hat. Diese Linie wird Zwillingsaxe genannt, bei dem Oktaëderzwilling (Fig. 25) ist es eine rhomboëdrische Axe. Im Allgemeinen kann die Zwillingsaxe eine krystallographische Axe sein, eine Kante, eine Flächennormale oder eine andere krystallographisch einfach bestimmte Linie. Sie braucht keine krystallonomische Linie zu sein, das heisst, es ist nicht erforderlich, dass sie zu den Axen in einem rationalen Verhältniss steht.

Dreht man das eine Individuum eines Zwillings gegen das andere in der Zwillingsaxe um 180°, so erhalten beide Individuen eine gleiche Stellung, die analogen Flächen beider Individuen sind parallel. Umgekehrt kann man zwei in gleicher Stellung befindliche Individuen gegen einander in Zwillingsstellung bringen, wenn man das eine gegen das andere in der Zwillingsaxe um 180° dreht.

Nur solche Linien können Zwillingsaxen sein, in denen ein

Individuum gegen ein anderes gleich gestelltes um 180° gedreht, in Bezug auf dieses eine entgegengesetzte Stellung erhält; während solche Linien nie Zwillingsaxen sein können, in denen nach einer Drehung um 180° beide Individuen wieder die gleiche Stellung erhalten, wie es z. B. der Fall ist, wenn man von zwei parallel gestellten regulären Oktaëdern das eine gegen das andere in der Hauptaxe um 180° dreht.

Die Ebene, in welcher die Drehung stattfindet, bei Fig. 25 eine Oktaëderfläche, muss auf der Zwillingsaxe senkrecht stehen und wird Zwillingsebene genannt. Die Zwillingsebene ist eine bei den Individuen vorhandene oder mögliche Krystallfläche oder eine nicht krystallonomische Ebene.

Ist die Zwillingsebene krystallonomisch, so kann auch die Zwillingsaxe krystallonomisch sein, wie es bei dem schon als Beispiel angewendeten Oktaëderzwilling der Fall ist; dieselbe muss krystallonomisch sein, wenn es die Zwillingsebene nicht ist, so ist bei dem Oligoklaszwilling (Fig. 167) Zwillingsaxe die Hauptaxe und die darauf senkrechte Ebene nicht krystallonomisch. Umgekehrt ist die Zwillingsebene stets krystallonomisch, wenn es die Zwillingsaxe nicht ist, z. B. bei dem Hornblendezwilling (Fig. 139), bei welchem die Querfläche Zwillingsebene und die darauf senkrechte Linie die Zwillingsaxe ist.

Die Zwillingsebene ist wie die Zwillingsaxe beiden Individuen gemeinsam und diese haben gegen dieselbe eine symmetrische Lage. Ein regelmässig ausgebildet gedachtes Individuum wird, wenn man durch den Mittelpunkt eine der Zwillingsebene parallele Ebene legt und in dieser dasselbe durchschneidet, meist in zwei congruente Hälften getheilt. Die beiden Hälften sind dann unter einander parallel und haben gegen die Zwillingsebene keine symmetrische Lage. Dreht man die eine gegen die andere in der Zwillingsebene um 180°, so erhalten sie gegen die Zwillingsebene eine symmetrische, gegen einander eine entgegengesetzte Lage, befinden sich also in Zwillingsstellung, dies zeigt z. B. der Zwilling des Gypses (Fig. 132), bei welchem die Querfläche Zwillingsebene ist. Durch gewisse Ebenen, die Symmetrieebenen, wird ein Krystall in der Art getheilt, dass die beiden Hälften unter einander eine parallele und zugleich gegen die Theilungsebene symmetrische Lage haben, dieselbe auch nach vollzogener Drehung um 180° behalten, so dass

kein Zwilling entsteht; dies ist z. B. im monoklinen System mit der Längsfläche der Fall. Es können mithin die Symmetrieebenen bei holoëdrischen Krystallen nie Zwillingsebenen sein.

Die Schnittflächen eines durch die Zwillingsebene in zwei Hälften getheilten Krystalls decken sich auch nach vollzogener Drehung um 180°, wenn jede ihrer Seiten eine gleiche gegenüberliegende hat, wie es bei dem Oktaëderzwilling der Fall ist. Liegen sich jedoch in den Schnittflächen zwei ungleiche Seiten gegenüber, wie bei dem Orthoklase (Fig. 135), oder liegt einer Seite eine Ecke gegenüber, wie bei dem Tetraëderzwilling (Fig. 62), so decken sich die Schnittflächen nach vollzogener Drehung nicht, sondern Theile der einen ragen über Theile der andern hinaus.

Bei hemiëdrischen Krystallen, sowie bei triklinen kann auch der Fall eintreten, dass ein Individuum durch die Zwillingsebene nicht in zwei congruente Hälften getheilt wird, sondern, dass beide Hälften verschieden sind; wie es z. B. bei einem Tetraëder der Fall ist, wenn man es nach einer seiner Flächen in der Mitte theilt.

Die als Zwillingsaxe angenommene Linie kann man mit einer darauf senkrechten vertauschen, welche auch den an die Zwillingsaxe gestellten Anforderungen genügt; z. B. bei den sogenannten Karlsbader Zwillingen des Feldspaths, (Fig. 135 u. 136) kann man sowohl die Normale auf der Querfläche, als auch die Hauptaxe als Zwillingsaxe betrachten. Im erstern Falle ist die Zwillingsebene krystallonomisch, die Zwillingsaxe dagegen nicht, im letztern ist das Umgekehrte der Fall. Bei der Wahl zwischen zwei Zwillingsaxen ist theils die Symmetrie der Individuen gegen die Zwillingsaxe, theils die Art und Weise der Verwachsung massgebend.

2) Verwachsung der Individuen.

Die Stellen, an denen sich zwei zu einem Zwilling geeinigte Individuen berühren, bezeichnen die Zusammensetzungsfläche, welche äusserlich als Zwillingsgrenze zur Erscheinung kommt.

Treten an der Zwillingsgrenze Flächen der beiden Individuen zusammen, welche nicht in eine Ebene fallen, so entstehen

Zwillingskanten, wie bei Fig. 25 die von den Flächen o und o gebildeten Kanten; treffen sich an der Zwillingsgrenze Kanten; welche nicht in seine Linie fallen, wie es bei derselben Figur der Fall ist oder ragen aus Flächen des einen Individuums Theile des andern heraus, wie bei dem Hexaëderzwilling (Fig. 54), so erscheinen Zwillingsecken. Zwillingskanten und -ecken sind häufig einspringend und da derartige Kanten und Ecken bei regelmässig ausgebildeten einfachen Krystallen nicht vorkommen können, so ist dies ein wichtiges Erkennungsmerkmal für Zwillinge.

Fallen zwei an der Zwillingsgrenze zusammenstossende Flächen beider Individuen in eine Ebene, wie bei dem Dodekaëderzwilling (Fig. 33), so kann man auf derselben die Zwillingsgrenze nur in dem Fall erkennen, dass die Zeichnungen auf den Flächen, wie Streifen, regelmässige Eindrücke oder Erhöhungen eine entgegengesetzte Lage haben, die Streifen stossen dann an der Zwillingsgrenze federartig zusammen, so auf den Hexaëderflächen *a* (Fig. 68).

Die Zusammensetzungsfläche ist eine gerade oder krumme, was man meist schon äusserlich an dem Verlauf der Zwillingsgrenze erkennen kann, je nachdem durch dieselbe eine gerade oder krumme Fläche bestimmt ist. Den Verlauf der Zusammensetzungsfläche im Innern kann man durch Zerschlagen der Zwillinge ermitteln, wenn die Krystalle spaltbar sind und die Spaltungsflächen beider Individuen nicht zusammenfallen, so bei den Oktaëderzwillingen des Bleiglanzes (Fig. 27), welcher nach dem Hexaëder spaltet; oder durch Aetzung angeschliffener Flächen, so beim Aragonit (Fig. 112).

Der einfachste Fall ist der, dass die Zusammensetzungsfläche eine Ebene ist, und der Zwillingsebene entspricht, wie bei dem Oktaëderzwilling (Fig. 25) einer Oktaëderfläche. Derartige Zwillinge sind meist Verwachsungen zweier gleicher Hälften, man erhält sie also einfach auf die Art, dass man ein Individuum parallel der Zwillingsebene durchschneidet und die beiden Hälften um 180° gegen einander dreht.

Ist die Zusammensetzungsfläche eine krumme Fläche, so steht sie meist auf der Zwillingsebene senkrecht, so dass die Zwillingsaxe in ihr liegt. Der krummflächige Verlauf der Zusammensetzungsfläche ist nur ein scheinbarer, in-

dem die Begrenzung der beiden Individuen in den einzelnen Theilen eine geradflächige ist, Theile des einen Individuums greifen gewissermassen in das Gebiet des andern ein, wie es die Horizontalprojectionen der Karlsbader Zwillinge zeigen (Fig. 137 u. 138). Dreht man das eine Individuum gegen das andere senkrecht gegen die Zusammensetzungsfläche um 180°, so kommen beide Individuen in parallele Stellung wie Fig. 135 u. 136 zeigt.

Bei allen derartigen Zwillingen liegen von beiden Individuen die Flächen, welche der Zwillingsebene entsprechen, beiderseits von der Zusammensetzungsfläche nebeneinander und fallen bei regelmässiger Ausbildung in eine Ebene, wie bei dem Oktaëderzwilling (Fig. 46) die die Zwillingsebene darstellenden Oktaëderflächen. Man erhält diese Verwachsung leicht auf die Art, dass man von den beiden Hälften, welche bei dem Oktaëderzwilling (Fig. 25) mit der Zwillingsebene übereinander liegen, die eine bei unveränderter Stellung neben die andere legt.

Es giebt mithin zwei Arten von Aneinanderwachsungszwillingen, solche, bei denen die Zusammensetzungsfläche die Zwillingsebene selbst ist und solche bei denen die Zusammensetzungsfläche auf der Zwillingsebene senkrecht steht, die erstern erkennt man daran; dass man durch Drehung um 180° in der Zusammensetzungsfläche beide Individuen in parallele Stellung bringt, die letztern daran, dass man diese Stellung durch Drehung senkrecht gegen die Zusammensetzungsfläche erhält. Bei den Aneinanderwachsungszwillingen der ersten Art muss die Zwillingsebene krystallonomisch sein, für die Zwillingsaxe ist dies nicht erforderlich; die Zwillingsebene erlangt dadurch für diese Zwillingsbildung eine besondere Bedeutung.

Bei den Aneinanderwachsungszwillingen der zweiten Art braucht die Zwillingsebene nicht krystallonomisch zu sein, die Zwillingsebene verliert somit ihre Bedeutung, die Zwillingsaxe tritt in den Vordergrund; da die Ebene, gegen welche die beiden Individuen eine gleiche Lage haben, durch die Art der Verwachsung nicht hervortritt, so wird man das Gesetz der Zwillingsbildung in vielen Fällen auf doppelte Art zum Ausdruck bringen können (vergl. oben S. 29).

Ausser den Aneinanderwachsungszwillingen kommen noch

Durchwachsungszwillinge vor; bei vollkommen regelmässiger Ausbildung durchdringen sich zwei in Zwillingsstellung befindliche Individuen in der Art, dass beide Individuen einen gemeinsamen Mittelpunkt haben, so die beiden durcheinandergewachsenen Oktaëder (Fig. 50). Die Theile des einen Individuums sind durch Theile des andern von einander getrennt und je zwei in Zwillingsstellung befindliche Theile sind theils mit der Zwillingsebene, theils mit einer darauf senkrechten Ebene verwachsen; ersteres ist bei Fig. 50 bei einem vordern und hintern Theile der Fall, letzteres bei je zwei vordern oder je zwei hintern. Die Durchwachsungszwillinge kann man somit als eine Vereinigung der beiden Arten von Aneinanderwachsungszwillingen betrachten.

Sind die beiden Individuen der Durchwachsungszwillinge an Grösse verschieden indem das eine vorherrscht und aus ihm Theile des andern zwillingsartig herausragen, wie es bei den durcheinandergewachsenen Hexaëden Fig. 54 der Fall ist; so treten die Zusammensetzungsflächen ganz in den Hintergrund und die Zwillingsaxe allein ist für diese Art der Verwachsung bestimmend.

In der Mitte zwischen den Aneinander- und Durchwachsungszwillingen stehen die Ineinanderwachsungszwillinge. Diese entstehen auf die Art, dass von zwei zwillingsartig aneinandergewachsenen Individuen das eine sich seitlich über die Zusammensetzungsfläche ausdehnt und so das andere mehr minder umschliesst, so dass letzteres eingekeilt erscheint, wie es Fig. 71 an einem Kupferkieszwilling zeigt. Diese Ineinanderwachsungszwillinge erscheinen dann als unvollkommene oder theilweise Durchwachsungen und bilden so den Uebergang von den Aneinanderwachsungszwillingen zu den Durchwachsungszwillingen; sie stehen solchen Durchwachsungszwillingen sehr nahe, bei denen ein Individuum gegen das andere vorherrschend entwickelt ist.

Eine bestimmte Grenze lässt sich hier nicht ziehen, so kann man den Tetraëderzwilling Fig. 58 auffassen als entstanden aus einem Aneinanderwachsungszwilling mit der Zwillingsebene, wie Fig. 25, bei welchem das eine Individuum sich seitlich über das andere ausdehnt oder als einen Durchwachsungszwilling wie Fig. 57; bei welchem aus einem Individuum nur aus einer Tetraëderfläche ein kleineres Individuum zwillingsartig herausragt.

3) Ausbildung der Individuen.

Bei vollkommen regelmässig gedachter Ausbildung haben die beiden zu einem Zwilling geeinigten Individuen eine gleiche Gestalt und gleiche Grösse.

Die Gestalt der Individuen ist verschieden je nach der Art der Verwachsung; sie stimmt bei den Durchwachsungszwillingen mit derjenigen der vollkommen regelmässig ausgebildeten Einzelindividuen überein, z. B. bei den durcheinandergewachsenen Hexaëdern (Fig. 51). Bei den Aneinanderwachsungszwillingen, deren Zusammensetzungsfläche die Zwillingsebene ist, findet meist eine Verkürzung in der Richtung der Zwillingsaxe statt, so dass beide Individuen zwei Hälften eines Individuums entsprechen, wie bei dem Oktaëderzwilling (Fig. 25). Zuweilen geht die Verkürzung noch weiter, und die einzelnen Individuen sind nach der Zwillingsebene tafelförmig, so bei dem Dodekaëderzwilling (Fig. 36). Auch umgekehrt können die einzelnen Individuen grösser, als die Hälfte sein, was jedoch selten der Fall ist. Entspricht die Zusammensetzungsfläche nicht der Zwillingsebene, so stellen die Individuen im einfachsten Falle zwei Hälften eines Individuums dar, welches durch die Zusammensetzungsfläche getheilt ist, so der Karlsbader Zwilling Fig. (135); die Zwillinge selbst sind theils nach der Zusammensetzungsfläche tafelförmig (Fig. 135), theils nach der Zwillingsebene (Fig. 46). Bei diesen Zwillingen gewinnen häufiger die einzelnen Individuen mehr Selbstständigkeit das heisst, sie sind grösser als die Hälften, so bei dem Quarzzwilling (Fig. 101).

Bei den Zwillingen, wie sie in der Natur vorkommen, finden sich Abweichungen von der vollkommen regelmässigen Ausbildung zunächst in der Art, dass das eine Individuum grösser ist als das andere und die beiden Individuen keinen gemeinsamen Mittelpunkt haben. Dies ist besonders häufig bei den Durchwachsungszwillingen der Fall, wie der Hexaëderzwilling (Fig. 54) zeigt; Fig. 102 stellt einen Aneinanderwachsungszwilling des Quarzes dar, bei welchem das rechte Individuum kleiner, als das linke ist. Die beiden Individuen können auch eine verschiedene Ausbildungsform haben, so ist bei dem Zwilling (Fig. 39) das eine Individuum nach der Zwillingsebene tafelförmig entwickelt, bei dem andern dagegen herrscht das Tetraëder vor.

Bei den Ineinanderwachsungszwillingen haben sogar vielfach die beiden Individuen eine ganz verschiedene Form, bei dem Kupferkieszwilling (Fig. 71) herrscht an dem einen Individuum das Tetraëder vor, an dem andern das erste spitzere Oktaëder.

Die einspringenden Winkel der Zwillinge kommen bei den natürlichen Zwillingen im Allgemeinen weniger zur Erscheinung, als bei den vollkommen regelmässig gedachten. Sie werden zurückgedrängt oder verschwinden auch ganz, so bei den Aneinanderwachsungszwillingen, indem die Flächen, welche neben den einspringenden Winkeln liegen, sich über dieselben ausdehnen, wie es bei dem Oktaëderzwilling (Fig. 25) häufig der Fall ist; die Fig. 26 zeigt einen derartigen Zwilling, bei welchem an der Zwillingsgrenze die einspringenden Winkel durch die angrenzenden Oktaëderflächen ganz verdrängt sind. Auch durch Verkürzung der Individuen in der Richtung senkrecht gegen die Zusammensetzungsfläche können die einspringenden Winkel zurücktreten, so bei dem Hexaëderzwilling (Fig. 37). Denkt man sich hier die Individuen in der Zwillingsaxe so weit verkürzt, dass sich in der Zwillingsebene die einander gegenüber liegenden Kanten beider Individuen treffen, so verschwinden die einspringenden Winkel und der Zwilling hat die Gestalt einer doppelt dreiseitigen Pyramide. Bei den Ineinander- und Durchwachsungszwillingen erscheinen häufig an den Stellen des einen Individuums, an welchen Zwillingstheile des andern hervorragen, Flächen, welche den einspringenden Winkel mehr oder minder zurücktreten lassen, so bei dem Tetraëderzwilling (Fig. 58) Triakisoktaëderflächen $^2/_3{}^0$, bei dem Bleiglanzzwilling (Fig. 56) auf den Hexaëderflächen Ikositetraëderflächen von *v* u. s. w. Dass diese Flächen mit der Zwillingsbildung in engstem Zusammenhange stehen, beweist der Umstand, dass auf den gleichnamigen Flächen desselben Individuums, aus denen keine Zwillingstheile hervorragen, auch diese Flächen fehlen (Fig. 58, 56). Es findet mithin in Folge der Zwillingsbildung eine stärkere Flächenbildung statt, welche die einspringenden Winkel weniger scharf hervortreten lässt. Dehnen sich derartige Flächen stark aus, so können sie die zwillingsartige Hervorragung auch ganz verdecken und man er-

kennt dann die Zwillingsbildung nur an der starken Entwickelung der betreffenden Flächen, wie es bei manchen Fahlerzzwillingen nach Fig. 58 der Fall ist.

Aus dem Vorhergehenden ergiebt sich, dass die Ausbildung der Individuen vielfach durch die Zwillingsbildung beeinflusst wird.

4) Wiederholte Zwillingsbildung.

An jedes der beiden Individuen eines Zwillings können sich weitere Individuen zwillingsartig anlegen, so dass die Zwillingsbildung eine wiederholte ist.

Der einfachste Fall ist der, dass das zu einem Zwilling hinzutretende Individuum dieselbe Lage hat, wie das eine des Zwillings, das nächst folgende die Lage des andern und so fort, also I und III, II und IV etc. eine gleiche Lage haben. Eine derartige wiederholte Zwillingsbildung von vier Individuen stellt Fig. 28 nach dem gewöhnlichen Gesetz der Oktaëderzwillinge (Fig. 25) dar, Zwillingsaxe eine rhomboëdrische Axe. Da bei dieser Art der Wiederholung immer die abwechselnden Individuen eine parallele Lage haben, wird sie parallele Wiederholung genannt. Die parallele Wiederholung kommt vornehmlich bei Aneinanderwachsungszwillingen vor, deren Zusammensetzungsfläche die Zwillingsebene ist, sämmtliche Zwillingsebenen sind dann parallel und die Zwillingsaxe hat bei allen Individuen dieselbe Lage. Steht die Zusammensetzungsfläche senkrecht auf der Zwillingsebene, so fallen bei vollkommen regelmässiger Ausbildung sämmtliche Zwillingsebenen in eine Ebene und die Zwillingsaxen sind untereinander parallel, wie es mitunter bei den Karlsbader Zwillingen des Orthoklases vorkommt.

Die parallele Wiederholung ist eine unbeschränkte, es kann eine ganze Anzahl von Individuen zwillingsartig gewissermassen aufeinander gepackt sein. Die einzelnen Individuen haben eine gleiche oder verschiedene Grösse, ersteres ist bei dem Oktaëderzwilling (Fig. 28), letzteres bei Fig. 32 der Fall. Einige Individuen können in der Richtung der Zwillingsaxe stärker verkürzt sein, als andere und erscheinen dann nur als dünne Lamellen in ein vorherrschend entwickeltes Individuum eingeschaltet (Fig. 90, Rhomboëderzwilling des Kalkspathes). Diese Zwillingslamellen kommen äusserlich als mehr

minder feine Streifen auf den Flächen des herrschenden Individuums zur Erscheinung, sie gehen nicht immer durch den ganzen Krystall hindurch, sondern endigen mitunter plötzlich (Fig. 32) theils in Flächen, theils in Kanten des Hauptindividuums.

Sind die Zusammensetzungsflächen zugleich Zwillingsebenen, so findet meist nach den Lamellen eine Absonderung statt, welche mitunter so vollkommen ist, dass man die Absonderungsflächen leicht mit Spaltungsflächen verwechseln kann, was auch vielfach geschehen ist; derartige Absonderungsflächen kommen beim Kalkspath nach den Flächen des 1. stumpfern Rhomboëders, beim Korund nach den Flächen des Hauptrhomboëders vor.

Die Wiederholung der Zwillingsbildung kann nun ferner in der Weise stattfinden, dass die Zusammensetzungsflächen und Zwillingsaxen der verschiedenen Individuen gegeneinander geneigt sind. Bei diesen Wiederholungen mit geneigten Zusammensetzungsflächen haben die einzelnen Individuen eine verschiedene Lage, wie bei Fig. 29 die Verwachsung von drei Oktaëdern zeigt. Es sind soviel verschiedene Lagen vorhanden, als Individuen, jedes Individuum hat eine besondere Lage, weshalb man die Verwachsung von drei Individuen hier als Drilling, die von vier als Vierling, von fünf als Fünfling etc. bezeichnet.

Die einfachste Art dieser Wiederholung ist die, dass die Zwillingsebenen oder Zusammensetzungsflächen sämmtlicher Individuen einer Gruppe einer Zone angehören und sich die Individuen um die Axe dieser Zone kreisförmig gruppiren, wie die Horizontalprojectionen des Aragonits (Fig. 111, 110a) zeigen. Bei den Drillingen (Fig. 111) herrscht an den einzelnen Individuen die Längsfläche vor, das Prisma von 116° 16′ ist kleiner, seine Flächen sind Zwillingsebenen; jede der beiden Prismenflächen erscheint bei Individuum I als Zwillingsebene, so dass II und III gegen I eine gleiche Lage haben, aber eine unter sich verschiedene.

Wäre der Prismenwinkel genau 120°, so würden die 3 Individuen den Raum vollkommen ausfüllen, da aber der Winkel kleiner als 120° ist, so bleibt zwischen den beiden Individuen II und III ein leerer Raum. Dieser Raum wird theils auf die

Weise ausgefüllt, dass Individuum II und III sich bis zur gegenseitigen Berührung ausdehnen, so dass 3 Individuen den Kreis schliessen und ein Drilling entsteht, oder es legt sich an eins der Individuen II oder III ein IV. zwillingsartig an, (Fig. 110a), welches jedoch nicht vollkommen Platz hat und sich mit Individuum I gewissermassen in den Raum theilt, so dass diese beiden Individuen gegen die andern verkümmert sind. In diesem Fall wird der Kreis von 4 Individuen geschlossen, die Gruppe ist ein Vierling.

Durch den Winkel, welchen die Zusammensetzungsflächen bilden, ist die Zahl der Individuen bestimmt, welche sich kreisförmig um eine Axe anlegen können. Eine weitere Wiederholung kann dann noch in der Weise vor sich gehen, dass sich an eins der Individuen im Kreise ausserhalb des Kreises ein Individuum zwillingsartig anlegt, z. B. bei Fig. 110*a* an Individuum II, wodurch ein neuer Kreis entsteht. Auf diese Weise ist auch hier die Wiederholung eine unbeschränkte. Die kreisförmige Wiederholung kommt sowohl bei Zwillingen vor, welche mit der Zwillingsebene verwachsen sind, als auch bei solchen, bei welchen die Zusammensetzungsfläche auf der Zwillingsebene senkrecht steht (Fig. 115 Aragonit), als auch bei den Durchwachsungszwillingen, wie die schematische Fig. 111 zeigt und Weissbleierz (Fig. 116).

Die zweite Art der Wiederholung mit geneigten Zusammensetzungsflächen ist die, dass die Zusammensetzungsflächen nicht in einer Zone liegen. Dies ist nur dann möglich, wenn sie einem Körper angehören.

Ausgehend von einem Individuum als Stock der Zwillingsgruppe können sich an dasselbe so viele Individuen von verschiedener Lage zwillingsartig anlegen, von wie vielen nicht parallelen Flächen der Krystallkörper begrenzt ist, welchem die Zusammensetzungsfläche angehört. Ist derselbe ein Rhomboëder, so können sich 3 Individuen anlegen und es entsteht ein Vierling, wie beim Rothgiltigerz (Fig. 93), wo die Zusammensetzungsflächen senkrecht auf den Zwillingsebenen stehen.

In derartigen Zwillingsgruppen haben die Individuen eine symmetrische Anordnung, weshalb man sie auch als symmetrische Wiederholungen bezeichnen kann.

Bei den symmetrischen Wiederholungen ist die Zahl der Individuen bestimmt, insofern ein Individuum der Gruppe zu Grunde liegt, was meist der Fall ist; es tritt jedoch auch der Fall ein, dass eins der Zwillingsindividuen selbst wieder den Stock einer neuen Gruppe bildet, aus der neuen Gruppe wieder ein Individuum als Stock dient u. s. f., es ist dann die Wiederholung eine unbegrenzte, wie die parallele und kreisförmige Wiederholung.

Kreisförmige und symmetrische Wiederholungen stehen sich nicht schroff gegenüber, sondern treten häufig zusammen auf und zwar in allen den Fällen, in welchen der durch die Zusammensetzungsflächen bestimmte Krystallkörper so beschaffen ist, dass mehrere Flächen in einer Zone liegen, z. B. beim Oktaëder.

Fig. 73 stellt einen Oktaëderfünfling des Kupferkieses dar, bei welchem die Zwillingsebenen zugleich Zusammensetzungsflächen und Flächen des 1. stumpfern Oktaëders des herrschenden Oktaëders sind; die Individuen II III, IV und V stehen gegen I symmetrisch, II, I, III und V, I, IV zeigen dabei unter sich eine kreisförmige Wiederholung.

Wiederholungen mit parallelen und geneigten Zusammensetzungsflächen zugleich kommen besonders bei lamellaren Zwillingsbildungen vor, in der Art, dass die Lamellen in ein Individuum nach zwei oder mehreren Richtungen eingeschaltet sind, wie es bei dem Hexaëder Fig. 61 der Fall ist. Die Lamellen, welche verschiedene Zwillingsebenen haben, kreuzen sich dann im Innern des Krystalls und so entstehen eigenthümliche hohle Canäle, wie die Fig. 91 und 92 beim Kalkspath zeigen.

5) Doppelzwillinge.

Zwillingsbildungen, bei denen Individuen nach zwei verdenen Gesetzen verwachsen sind, werden Doppelzwillinge genannt; z. B. die Zwillinge des Albit (Fig. 155) nach dem Gesetz „Zwillingsaxe die Normale der Längsfläche“ sind häufig wieder nach dem beim Orthoklas verbreiteten sogenannten Karlsbader Gesetz (Fig. 135) verwachsen, Zwillingsaxe die Normale der Querfläche, wie es die Horizontalprojektion (Fig. 158) zeigt; beim Tridymit (Fig. 256) sind die beiden innern Individuen mit den angrenzenden äussern nach verschiedenen Gesetzen verbunden.

6) Pseudosymmetrieen der Zwillinge.

In Folge der Zwillingsbildung kommen häufig eigenthümliche Pseudosymmetrien zum Vorschein, welche theils höhere, theils niedrigere, als die der einfachen Krystalle sind.

So erhalten hemiëdrische Krystalle durch die Zwillingsbildung mitunter ein holoëdrisches Aussehen, die Hemiëdrie wird durch die Zwillingsbildung gewissermassen aufgehoben; der Durchwachsungszwilling der Combination des 1. und 2. Tetraëders (Fig. 64) hat das Aussehen eines Oktaëders, besonders wenn die Einkerbung auf den Kanten sehr gering ist. In ähnlicher Weise können hemimorphe Krystalle in Folge der Zwillingsbildung ein holoëdrisches Aussehen erhalten (Kieselzinkerz Fig. 125). Der Hornblendezwilling (Fig. 139) zeigt eine rhombische Pseudosymmetrie und zwar mit hemimorpher Ausbildung. Eine niedrigere Pseudosymmetrie, nämlich eine rhomboëdrische, kommt bei dem gewöhnlichen Oktaëderzwilling (Fig. 25) zum Vorschein. Besonders häufig sind Pseudosymmetrieen bei den wiederholten Zwillingsbildungen mit kreisförmiger Wiederholung, der Durchwachsungsdrilling des rhombischen Chrysoberylls (Fig. 123) zeigt eine hexagonale Pseudosymmetrie. Durch die symmetrische Wiederholung wird die Symmetrie desjenigen Systems wiederhergestellt, welchem die Individuen angehören, so bei dem Kupferkiesfünfling (Fig. 73) die quadratische. Andererseits zeigen wieder die Doppelzwillinge entfernte Symmetrieen, so der Doppelzwilling des monoklinen Harmotoms (Fig. 146) eine quadratische Pseudosymmetrie.

7) Zwillinge der verschiedenen Krystallisationssysteme.

I. Zwillinge des regulären Systems.

Im regulären System kommen Zwillinge nach drei Gesetzen vor:

1) Zwillingsaxe eine rhomboëdrische Axe.

2) Zwillingsaxe die Normale einer Fläche des Triakisoktaëders ($a : {}^1/_4 a : {}^1/_4 a$).

3) Zwillingsaxe eine prismatische Axe.

1. Gesetz.

Die auf der Zwillingsaxe senkrechte Ebene ist eine Oktaëderfläche und die einfachste Art der Verwachsung ist die, dass die Zwillingsebene zugleich Zusammensetzungsfläche ist.

A. **Aneinanderwachsungszwillinge, verwachsen mit der Zwillingsebene.**

Alle diese Zwillinge erhält man sehr einfach, wenn man nach der oben angegebenen Regel ein Individuum parallel der Zwillingsebene durchschneidet und die beiden Hälften um 180° gegen einander dreht. Man erhält zwar den Zwilling auch schon bei einer Drehung von 60°, weil in der Richtung der rhomboëdrischen Axe betrachtet die Krystalle eine rhomboëdrische Pseudosymmetrie erkennen lassen, thut aber besser, der Gleichmässigkeit wegen mit den übrigen Zwillingen um 180° zu drehen.

Die Hauptaxen des einen Individuums fallen dann in die Normalen dreier Flächen von ($a : {}^1/_2 a : {}^1/_2 a$) des andern und umgekehrt, mithin sind die Hexaëderflächen des einen Individuums 3 Flächen ($a : {}^1/_2 a : {}^1/_2 a$) des andern parallel.

Die prismatischen Zwischenaxen des einen Individuums fallen mit 3 Flächennormalen von ($a : a : {}^1/_4 a$) des andern zusammen und umgekehrt, mithin sind auch 6 Flächen des Dodekaëders des einen Individuums parallel 6 Flächen von ($a : a : {}^1/_4 a$) des andern.

Von den rhomboëdrischen Axen fällt natürlich die eine, als Zwillingsaxe bei beiden Individuen zusammen, die 3 übrigen des einen sind 3 Flächennormalen von ($a : a : {}^1/_5 a$) des andern, also die 6 gegen die Zwillingsebene geneigten Oktaëderflächen des einen Individuums sind parallel 3 Flächen von ($a : a : {}^1/_5 a$) des andern.

Ueberhaupt gilt das allgemeine Gesetz, dass jede Krystallfläche des einen Individuums einer möglichen Krystallfläche des andern parallel ist.

a) Einfache Zwillingsbildungen.

1. Oktaëder-Zwilling (Fig. 25). Bei vollkommen regelmässiger Entwickelung ist die Zwillingsebene ein regelmässiges Sechseck, dessen Seiten die halbe Länge der Oktaëderkanten haben. Die Zwillingsebene theilt das Oktaëder in zwei gleiche und congruente Hälften mit rhomboëdrischer Pseudosymmetrie. Die an die Zwillingsebene anstossenden Flächen haben in Folge dessen eine doppelte Gestalt, die einen abwechselnden die eines gleichseitigen Dreiecks, dessen Seiten die halbe Länge der Oktaëderkanten haben, die andern abwechselnden sind die Ergänzung zu dem gleichseitigen Dreieck der Oktaëderflächen,

mithin Paralleltrapeze; von den parallelen Seiten entspricht die längere einer Oktaëderkante, die kürzere einer Seite der Zwillingsebene, die beiden andern Seiten haben eine gleiche Länge, wie die kürzere, mit welcher sie einen Winkel von 120° bilden.

In Zwillingsstellung liegen an der Zwillingsgrenze immer gleiche Theile der Oktaëderflächen nebeneinander, also neben einem gleichseitigen Dreieck wieder ein gleichseitiges Dreieck, neben einem Paralleltrapez wieder ein Paralleltrapez. Die Dreiecke bilden einspringende Winkel von 141° 4′, die Paralleltrapeze ausspringende von gleicher Grösse. Beispiele liefern der Spinell von Ceylon, Magneteisenerz aus dem Pfitschthal.

Unter den Abweichungen von der vollkommen regelmässigen Ausbildung ist besonders diejenige bemerkenswerth, derzufolge die beiden Individuen in der Richtung der Zwillingsaxe verkürzt sind, so dass der Zwilling ein tafelförmiges Aussehen erhält. Ferner dehnen sich häufig die trapezförmigen Flächen über die Dreiecke aus und lassen schliesslich die einspringenden Winkel verschwinden (Fig. 26), so dass die Zwillingsebene die Gestalt eines gleichseitigen Dreiecks hat, dessen Seiten den Seiten der der Zwillingsebene parallelen Oktaëderflächen parallel sind und 1½ mal so lang, als diese. Der Zwilling sieht dann aus wie zwei Tetraëder, welche mit zwei congruenten Flächen aneinandergewachsen sind und bei denen die der Zwillingsebene gegenüberliegenden Ecken gerade abgestumpft sind. Beim Spinell kommen Zwillinge vor, an denen das eine Individuum in der Richtung der Zwillingsaxe verkürzt ist, das andere dagegen in derselben Richtung verlängert, das eine hat dann eine tafelförmige, das andere eine tetraëdrische Gestalt (vergl. Fig. 39).

2. Tetraëder-Zwilling (Fig. 31). Die Zusammensetzungsfläche ist bei dem einen Individuum eine Fläche des 1. Tetraëders, bei dem andern eine Fläche des 2., so dass an der Zwillingsgrenze immer Tetraëder verschiedener Stellung nebeneinander liegen. Diese Art der Verwachsung erklärt sich sehr leicht durch die einfache Drehung. Schneidet man ein Oktaëder*),

*) Zur Erleichterung des Verständnisses ist es gut, sich eines Modelles zu bedienen.

bei welchem beide Tetraëder im Gleichgewicht sind, parallel einer Fläche des 1. Tetraëders in der Mitte durch und legt man dasselbe mit dieser Fläche unten auf, so liegt oben eine Fläche des 2. Tetraëders, mithin auf der Schnittfläche dem untern Individuum angehörig auch eine Fläche des 2. Tetraëders, dem obern angehörig eine Fläche des 1. Tetraëders; durch Drehung um 180° kommen dann auch seitlich Flächen verschiedener Stellung nebeneinander zu liegen. Derartige Zwillinge kommen häufig bei der Blende*) vor und zwar ist dann das 1. Tetraëder gewöhnlich etwas vorherrschend entwickelt, wie es auch die Figur darstellt. Man kann deutlich sehen, dass an der Zwillingsgrenze immer neben einer glänzenden 1. Tetraëderfläche eine matte 2. liegt.

3. Hexaëder-Zwilling (Fig. 37). Bei vollkommen regelmässiger Ausbildung ist die Zwillingsebene hier, wie beim Oktaëder-Zwilling, ein regelmässiges Sechseck und theilt das Hexaëder in zwei gleiche und congruente Hälften mit rhomboëdrischer Pseudosymmetrie. Die Hexaëderflächen erscheinen an der Zwillingsebene abwechselnd als Drei- und Fünfecke und jeder Zwillingskante liegt ein rechter Winkel gegenüber. Der Schnitt geht durch die Mitten der Hexaëderkanten den Diagonalen der Flächen parallel, es ist mithin die Länge der Seiten des Sechsecks der Zwillingsebene $= \sqrt{1/2}$, wenn die Kante des Hexaëders $= 1$ gesetzt ist. Die Dreiecke bilden in der Zwillingskante einspringende Winkel von 109° 28′ gleich dem Oktaëderwinkel, die Fünfecke dieselben ausspringenden Winkel. Derartige Zwillinge kommen beim Kupfer von Bogoslowsk im Ural**) und Silber von Kongsberg vor.

Wie bei den Oktaëderzwillingen kann eine Verkürzung der Individuen in der Richtung der Zwillingsaxe stattfinden. Eine recht einfache Form, nämlich eine doppelt dreiseitige Pyramide entsteht, wenn die Zwillingsebene durch die Ecken der Hexaëder hindurchgeht, sie ist dann ein gleichseitiges Dreieck, dessen Seiten Diagonalen der Hexaëderflächen sind und die Hexaëder-

*) A. Sadebeck, über die Krystallformen der Blende. Zeitschr. der Deutsch. geol. Ges. Band XXI, S. 620.

**) G. Rose, Reise nach dem Ural, Berlin 1837, S. 402, Taf. III. Fig. 2.

flächen selbst sind sämmtlich rechtwinklige Dreiecke; die einspringenden Winkel werden verdeckt.

Zwilling der Combination von Hexaëder und Oktaëder (Fig. 38).

Es herrscht bald die eine, bald die andere Form vor, auch können beide im Gleichgewicht sein; einen derartigen Zwilling des Mittelkrystalls stellt Fig. 38 dar. Die Zwillingsebene hat dieselbe Gestalt wie beim Hexaëderzwilling, wo aber bei letzterm die einspringenden Winkel liegen, befinden sich hier die Oktaëderflächen, welche sich unter einem ausspringenden Winkel treffen, so dass der Zwilling keinen einspringenden Winkel hat. Zu beiden Seiten der Zwillingsebene liegen immer gleichnamige Flächen. Bei verschiedener Ausbildung der beiden Individuen tritt häufig der Fall ein, dass das eine ein nach der Zwillingsebene tafelförmiges Oktaëder ist, das andere dem Mittelkrystall entspricht, dann treffen sich die Hexaëderflächen des letztern mit den Oktaëderflächen des erstern in Zwillingskanten von $109^0\ 28' + 54^0\ 44' = 164^0\ 12'$.

Zwillinge dieser Combinationen kommen beim Bleiglanz *) vor.

Zwilling der Combination der beiden Tetraëder und Hexaëder.

Aehnliche Zwillinge des Mittelkrystalls, wie beim Bleiglanz, kommen auch bei der schwarzen Blende**) von Rodna in Siebenbürgen und bei der braunen aus dem Binnenthal vor. Die letztere hat jedoch meist eine eigenthümliche Ausbildung, welche als Seltenheit auch bei dem Spinell vorkommt, indem das eine Individuum tafelförmig, das andere tetraëdrisch ausgebildet ist (Fig. 39).

4. Dodekaëder-Zwilling (Fig. 33). Betrachtet man ein Dodekaëder in der Richtung der Zwillingsaxe, so hat es das Ansehen eines Rhomboëders in Combination mit hexagonalem Prisma 2. Ordnung. Legt man nun durch den Mittelpunkt die Zwillingsebene, parallel der geraden Endfläche, so werden nur die Flächen des Prismas getroffen und von den

---

*) A. Sadebeck über die Krystallisation des Bleiglanzes, Zeitschr. der Deutsch. geol. Ges. Band XXVI, S. 617, Tafel XIII, Fig. 1 u. 2.

**) A. Sadebeck, Blende a. a. O. 42.

Kanten sind abwechselnd $^1/_3$ und $^2/_3$ ihrer Länge abgeschnitten. Führt man dann die Drehung der beiden Hälften um 180° aus, so müssen die Flächen des Prismas in eine Ebene fallen, es entsteht ein hexagonales Prisma mit abwechselnd längern und kürzern Kanten, die längern sind $^4/_3$ so lang, wie die Dodekaëderkante, die kürzern $^2/_3$. Bei beiden Individuen sind auf den kürzern Kanten die Flächen des Pseudorhomboëders gerade aufgesetzt, auf den längern die Kanten.

Derartige regelmässig ausgebildete Zwillinge kommen beim gediegenen Golde aus Brasilien vor.

Verlängerungen und Verkürzungen in der Richtung der Zwillingsaxe sind häufig. So sind beim Diamant verkürzte Dodekaëder nicht selten (Fig. 36); die Individuen sind so weit verkürzt, dass von den der Zwillingsaxe parallelen Flächen nur kleine Dreiecke vorhanden sind und die 3 an den Enden der Zwillingsaxe liegenden Flächen der beiden Individuen an der Zwillingsgrenze zusammenstossen; die 3kantige Ecke derselben wird bei dem einen Individuum durch eine Fläche des 1. Tetraëders, bei dem andern durch eine des 2. abgestumpft.

Zwilling der Combinationen der 3 Formen, Oktaëder, Hexaëder und Dodekaëder.

Unter den holoëdrischen Zwillingen treten meist nur solche auf, bei denen entweder das Oktaëder oder das Hexaëder vorherrscht.

Einen Zwilling mit vorherrschendem Oktaëder stellt Figur 27 dar, welcher noch die Flächen des Triakisoktaëders ($a : {}^1/_2 a : {}^1/_2 a$) zeigt. Da hier auch häufig unregelmässige Verwachsungen vorkommen, ist es wichtig den Winkel zu bestimmen, unter welchem sich die Combinationskanten des Dodekaëders und Triakisoktaëders an der Zwillingsgrenze schneiden, dieser Winkel entspricht natürlich dem Winkel, welchen die längern Diagonalen der Dodekaëderflächen miteinander bilden, und beträgt mithin 109° 28′.

Zwillinge mit vorherrschendem Hexaëder kommen beim gediegenen Kupfer von den Turjinskischen Gruben bei Bogoslowsk vor, die Krystalle zeigen noch die schmalen Flächen des Tetrakishexaëders ($a : \infty a : {}^5/_2 a$) und haben mithin die Form, welche El. I. Fig. 33 darstellt. Die Individuen sind gewöhnlich parallel einer der Kanten, in welchen sich die Hexaëderflächen

der beiden Individuen an der Zwillingsebene schneiden, das ist parallel einer Oktaëderkante verlängert. Stellt man nach dieser Kante den Zwilling vertical, so gehören die am grössten ausgebildeten prismatischen Flächen dem Hexaëder und Dodekaëder an und ihre Combinationskante wird von der Oktaëderfläche, welche der Zwillingsebene parallel ist*), schmal abgestumpft. Zwillinge mit vorherrschendem Dodekaëder kommen bei der Blende vor.

5. Ikositetraëder - Zwilling (Fig. 40). Das Ikositetraëder ($a : a : \frac{1}{3} a$) ist hauptsächlich der Zwillingsbildung unterworfen.

Legt man durch den Mittelpunkt dieses Ikositetraëders einen Schnitt parallel einer Oktaëderfläche, so geht derselbe durch symmetrisch 4kantige Ecken und trifft die Flächen in den langen Diagonalen, so dass die Schnittflächen die Gestalt eines regelmässigen Sechsecks haben. Dreht man nun das eine Individuum in der Zwillingsebene um 180^0, so ist ersichtlich, dass die Zwillingskanten von 2 Dreiecken gebildet werden, welche abwechselnd kleiner und grösser sind, die kleinern bilden einspringende Winkel, die grössern ausspringende von 159^0 57′. Die kleinern Flächen sind die Theile der Ikositetraëderflächen, bei welchen der längern Diagonale der stumpfe Winkel gegenüberliegt, die grössern die Theile, bei welchen dieser der spitzere gegenüberliegt.

Beispiele liefern das gediegene Kupfer von Nischne Tagilsk, das gediegene Silber von Kongsberg und gediegenes Gold von Verespatak. Bei diesen Metallen ist die Ausbildung häufig eine von der vollkommen regelmässigen abweichende. Beim gediegenen Kupfer **) findet eine Verkürzung in der Richtung der Zwillingsaxe statt. Auf diese Weise verschwinden die an der Zwillingsebene liegenden Dreiecke und die Zwillingsgrenze geht durch die kürzern Diagonalen der an den Zwillingsecken liegenden Ikositetraëderflächen. Diese erhalten dann die Gestalt von ungleichseitigen Dreiecken, deren längste Seiten die Seiten des regelmässigen Sechsecks der Zwillingsebene bilden. Die

---

*) G. Rose, Reise nach dem Ural, I. Theil, S. 405, Taf. III, Fig. 4.
**) G. Rose, Reise nach dem Ural, S. 312, Taf. III, Fig. 6.

Zwillingsebene entspricht dem eingeschriebenen Sechseck der Zwillingsebene des vollkommen regelmässigen Zwillings. Bemerkenswerth ist, dass auch hier, wie bei den vorher besprochenen Zwillingen die einspringenden Winkel verschwinden.

Durch diese Verkürzung tritt besonders die rhomboëdrische Pseudosymmetrie hervor, bei der Horizontalprojection (Fig. 41) sind die Flächen mit rhomboëdrischen Symbolen bezeichnet, c = gerade Endfläche; $^2/_5 r$ = dem stumpfen Rhomboëder $(a : \infty a : a : {}^2/_5 c)$; $4r$ = einem spitzen $(a : \infty a : a : 4c)$; $2r'$ = einem spitzen Rhomboëder 2. St. $(a : \infty a : a : 2c)'$ und t = einem Hexagondodekaëder 2. Ordnung $({}^3/_2 a : {}^3/_4 a : {}^3/_2 a : c)$, da die Neigung der Flächen in den längern Kanten gleich ist der Neigung zweier in einer Oktaëderecke einander gegenüberliegender Flächen.

Recht eigenthümliche Formen entstehen beim Silber von Kongsberg*) dadurch, dass die Flächen nicht sämmtlich zur Ausbildung gelangen, sondern nur diejenigen, welche in der Fig. 41 mit Zeichen versehen sind und dass diese Flächen in der Richtung einer Oktaëderkante in die Länge gezogen sind (Fig. 42). Auf diese Weise bilden die in eine Zone fallenden Flächen, $2r'$, c, $^2/_5 r$ und $4r$, welche sich unter Winkeln von 109° 28′, 150° 30½′ und 129° 31′ schneiden ein achtseitiges Prisma. Die Zwillingsebene geht durch die zwei Seitenkanten, die von den Flächen $2r'$ beider Individuen auf der einen Seite und von den Flächen $4r$ auf der andern gebildet werden und welche Winkel von 109° 28′ und 159° 57′ einschliessen, so dass die achtseitige Säule viererlei Winkel hat. Die übrigen Flächen, t und $^2/_5 r$ bilden eine sechsseitige Zuspitzung und die Zwillingsebene geht hier durch zwei Kanten t/t, sie halbirt den Winkel von 117° 2′. Der Winkel, der von den Flächen t und $^2/_5$r gebildeten Kanten, die schon in Fig. 41 vorhanden sind, beträgt 144° 54′, die in dieser Figur nicht vorhandenen, sondern erst in Fig. 42 zur Erscheinung kommenden Kanten derselben Flächen 117° 2′, so dass die sechsflächige Zuspitzung zweierlei Kanten hat.

---

*) G. Rose, Poggendorffs Ann. Band 64. S. 533.

Zwillinge der Combination des Dodekaëders mit Triakistetraëdern (Fig. 34 und 35).

Diese Zwillinge kommen sehr schön bei der Blende*) vor, wo das Dodekaëder meist herrschend ist. Durchschneidet man die Combination des Dodekaëders mit dem 1. Triakistetraëder ($a : a : {}^1/_3 a$) (El. I Fig. 58) in der Mitte parallel einer Oktaëderfläche, so liegt in der Schnittfläche, welche ein Sechseck darstellt, dessen abwechselnde Winkel abgestumpft sind, jedem Winkel eine Abstumpfungsseite gegenüber, so dass sich nach vollzogener Drehung der einen Hälfte um 180° die Schnittflächen nicht decken, sondern da wo eine Dodekaëderkante des einen Individuums liegt, eine Fläche des Triakistetraëders des andern zu liegen kommt. Legt man den Schnitt jedoch nicht durch den Mittelpunkt, sondern durch solche drei in einer Oktaëderfläche liegende Endpunkte der rhomboëdrischen Axen, an welchen die Flächen des Triakistetraëders liegen, also bei der vorliegenden Combination durch drei sechskantige Ecken, so geht derselbe durch die in einer Ebene liegenden Combinationskanten des Dodekaëders und Triakistetraëders, und hat die Gestalt eines regelmässigen Sechsecks, so dass sich die Schnittflächen auch nach vollzogener Drehung decken (Fig. 34.). An Stelle der symmetrisch sechskantigen Ecken bei dem einfachen Krystall treten ungleichkantig fünfkantige Zwillingsecken. Der Krystall wird dann in zwei ungleiche Theile getheilt, deren Zwillingsaxen sich mit 2 : 1 verhalten.

Ein ähnliches Verhalten ist bei der Combination des Dodekaëders mit dem 2. Triakistetraëder ($a : a : {}^1/_2 a$)' nicht möglich, da dieses die Kanten des Dodekaëders gerade abstumpft und die Combinationskanten mit dem Dodekaëder nicht in einer Ebene liegen. Hier kommt immer neben eine Dodekaëderkante eine Fläche des Triakistetraëders zu liegen und die Dodekaëderkanten beider Individuen ragen somit etwas über die beiden Individuen gemeinsame Zusammensetzungsfläche hinaus, wie es die wiederholte Zwillingsbildung (Fig. 55) zeigt (Blende von Neudorf bei Harzgerode). Aehnliche Zwillinge kommen auch beim Fahlerz z. B. von Müsen unweit Siegen vor. Bei der

*) A. Sadebeck, Krystallform der Blende a. a. O. S. 42.

Zwillingsebene entspricht dem eingeschriebenen Sechseck der Zwillingsebene des vollkommen regelmässigen Zwillings. Bemerkenswerth ist, dass auch hier, wie bei den vorher besprochenen Zwillingen die einspringenden Winkel verschwinden.

Durch diese Verkürzung tritt besonders die rhomboëdrische Pseudosymmetrie hervor, bei der Horizontalprojection (Fig. 41) sind die Flächen mit rhomboëdrischen Symbolen bezeichnet, c = gerade Endfläche; $^2/_5r$ = dem stumpfen Rhomboëder $(a : \infty\, a : a : {}^2/_5c)$; $4r$ = einem spitzen $(a : \infty\, a : a : 4c)$; $2r'$ = einem spitzen Rhomboëder 2. St. $(a : \infty\, a : a : 2c)'$ und t = einem Hexagondodekaëder 2. Ordnung $({}^3/_2\, a : {}^3/_4\, a : {}^3/_2\, a : c)$, da die Neigung der Flächen in den längern Kanten gleich ist der Neigung zweier in einer Oktaëderecke einander gegenüberliegender Flächen.

Recht eigenthümliche Formen entstehen beim Silber von Kongsberg*) dadurch, dass die Flächen nicht sämmtlich zur Ausbildung gelangen, sondern nur diejenigen, welche in der Fig. 41 mit Zeichen versehen sind und dass diese Flächen in der Richtung einer Oktaëderkante in die Länge gezogen sind (Fig. 42). Auf diese Weise bilden die in eine Zone fallenden Flächen, $2r'$, c, $^2/_5r$ und $4r$, welche sich unter Winkeln von 109° 28′, 150° 30½′ und 129° 31′ schneiden ein achtseitiges Prisma. Die Zwillingsebene geht durch die zwei Seitenkanten, die von den Flächen $2r'$ beider Individuen auf der einen Seite und von den Flächen $4r$ auf der andern gebildet werden und welche Winkel von 109° 28′ und 159° 57′ einschliessen, so dass die achtseitige Säule viererlei Winkel hat. Die übrigen Flächen, t und $^2/_5r$ bilden eine sechsseitige Zuspitzung und die Zwillingsebene geht hier durch zwei Kanten t/t, sie halbirt den Winkel von 117° 2′. Der Winkel, der von den Flächen t und $^2/_5r$ gebildeten Kanten, die schon in Fig. 41 vorhanden sind, beträgt 144° 54′, die in dieser Figur nicht vorhandenen, sondern erst in Fig. 42 zur Erscheinung kommenden Kanten derselben Flächen 117° 2′, so dass die sechsflächige Zuspitzung zweierlei Kanten hat.

---

*) G. Rose, Poggendorffs Ann. Band 64. S. 533.

Zwillinge der Combination des Dodekaëders mit Triakistetraëdern (Fig. 34 und 35).

Diese Zwillinge kommen sehr schön bei der Blende*) vor, wo das Dodekaëder meist herrschend ist. Durchschneidet man die Combination des Dodekaëders mit dem 1. Triakistetraëder ($a : a : \frac{1}{3}a$) (El. I Fig. 58) in der Mitte parallel einer Oktaëderfläche, so liegt in der Schnittfläche, welche ein Sechseck darstellt, dessen abwechselnde Winkel abgestumpft sind, jedem Winkel eine Abstumpfungsseite gegenüber, so dass sich nach vollzogener Drehung der einen Hälfte um 180° die Schnittflächen nicht decken, sondern da wo eine Dodekaëderkante des einen Individuums liegt, eine Fläche des Triakistetraëders des andern zu liegen kommt. Legt man den Schnitt jedoch nicht durch den Mittelpunkt, sondern durch solche drei in einer Oktaëderfläche liegende Endpunkte der rhomboëdrischen Axen, an welchen die Flächen des Triakistetraëders liegen, also bei der vorliegenden Combination durch drei sechskantige Ecken, so geht derselbe durch die in einer Ebene liegenden Combinationskanten des Dodekaëders und Triakistetraëders, und hat die Gestalt eines regelmässigen Sechsecks, so dass sich die Schnittflächen auch nach vollzogener Drehung decken (Fig. 34.). An Stelle der symmetrisch sechskantigen Ecken bei dem einfachen Krystall treten ungleichkantig fünfkantige Zwillingsecken. Der Krystall wird dann in zwei ungleiche Theile getheilt, deren Zwillingsaxen sich mit 2 : 1 verhalten.

Ein ähnliches Verhalten ist bei der Combination des Dodekaëders mit dem 2. Triakistetraëder ($a : a : \frac{1}{2} a$)′ nicht möglich, da dieses die Kanten des Dodekaëders gerade abstumpft und die Combinationskanten mit dem Dodekaëder nicht in einer Ebene liegen. Hier kommt immer neben eine Dodekaëderkante eine Fläche des Triakistetraëders zu liegen und die Dodekaëderkanten beider Individuen ragen somit etwas über die beiden Individuen gemeinsame Zusammensetzungsfläche hinaus, wie es die wiederholte Zwillingsbildung (Fig. 55) zeigt (Blende von Neudorf bei Harzgerode). Aehnliche Zwillinge kommen auch beim Fahlerz z. B. von Müsen unweit Siegen vor. Bei der

*) A. Sadebeck, Krystallform der Blende a. a. O. S. 42.

Zwillingsebene entspricht dem eingeschriebenen Sechseck der Zwillingsebene des vollkommen regelmässigen Zwillings. Bemerkenswerth ist, dass auch hier, wie bei den vorher besprochenen Zwillingen die einspringenden Winkel verschwinden.

Durch diese Verkürzung tritt besonders die rhomboëdrische Pseudosymmetrie hervor, bei der Horizontalprojection (Fig. 41) sind die Flächen mit rhomboëdrischen Symbolen bezeichnet, c = gerade Endfläche; $^2/_5 r$ = dem stumpfen Rhomboëder $(a : \infty\, a : a : {}^2/_5 c)$; $4r$ = einem spitzen $(a : \infty\, a : a : 4c)$; $2r'$ = einem spitzen Rhomboëder 2. St. $(a : \infty\, a : a : 2c)'$ und t = einem Hexagondodekaëder 2. Ordnung $({}^3/_2\, a : {}^3/_4\, a : {}^3/_2\, a : c)$, da die Neigung der Flächen in den längern Kanten gleich ist der Neigung zweier in einer Oktaëderecke einander gegenüberliegender Flächen.

Recht eigenthümliche Formen entstehen beim Silber von Kongsberg*) dadurch, dass die Flächen nicht sämmtlich zur Ausbildung gelangen, sondern nur diejenigen, welche in der Fig. 41 mit Zeichen versehen sind und dass diese Flächen in der Richtung einer Oktaëderkante in die Länge gezogen sind (Fig. 42). Auf diese Weise bilden die in eine Zone fallenden Flächen, $2r'$, c, $^2/_5 r$ und $4r$, welche sich unter Winkeln von 109° 28′, 150° 30½′ und 129° 31′ schneiden ein achtseitiges Prisma. Die Zwillingsebene geht durch die zwei Seitenkanten, die von den Flächen $2r'$ beider Individuen auf der einen Seite und von den Flächen $4r$ auf der andern gebildet werden und welche Winkel von 109° 28′ und 159° 57′ einschliessen, so dass die achtseitige Säule viererlei Winkel hat. Die übrigen Flächen, t und $^2/_5 r$ bilden eine sechsseitige Zuspitzung und die Zwillingsebene geht hier durch zwei Kanten t/t, sie halbirt den Winkel von 117° 2′. Der Winkel, der von den Flächen t und $^2/_5$r gebildeten Kanten, die schon in Fig. 41 vorhanden sind, beträgt 144° 54′, die in dieser Figur nicht vorhandenen, sondern erst in Fig. 42 zur Erscheinung kommenden Kanten derselben Flächen 117° 2′, so dass die sechsflächige Zuspitzung zweierlei Kanten hat.

---

*) G. Rose, Poggendorffs Ann. Band 64. S. 533.

Zwillinge der Combination des Dodekaëders mit Triakistetraëdern (Fig. 34 und 35).

Diese Zwillinge kommen sehr schön bei der Blende*) vor, wo das Dodekaëder meist herrschend ist. Durchschneidet man die Combination des Dodekaëders mit dem 1. Triakistetraëder ($a : a : {}^1/_3a$) (El. I Fig. 58) in der Mitte parallel einer Oktaëderfläche, so liegt in der Schnittfläché, welche ein Sechseck darstellt, dessen abwechselnde Winkel abgestumpft sind, jedem Winkel eine Abstumpfungsseite gegenüber, so dass sich nach vollzogener Drehung der einen Hälfte um 180° die Schnittflächen nicht decken, sondern da wo eine Dodekaëderkante des einen Individuums liegt, eine Fläche des Triakistetraëders des andern zu liegen kommt. Legt man den Schnitt jedoch nicht durch den Mittelpunkt, sondern durch solche drei in einer Oktaëderfläche liegende Endpunkte der rhomboëdrischen Axen, an welchen die Flächen des Triakistetraëders liegen, also bei der vorliegenden Combination durch drei sechskantige Ecken, so geht derselbe durch die in einer Ebene liegenden Combinationskanten des Dodekaëders und Triakistetraëders, und hat die Gestalt eines regelmässigen Sechsecks, so dass sich die Schnittflächen auch nach vollzogener Drehung decken (Fig. 34.). An Stelle der symmetrisch sechskantigen Ecken bei dem einfachen Krystall treten ungleichkantig fünfkantige Zwillingsecken. Der Krystall wird dann in zwei ungleiche Theile getheilt, deren Zwillingsaxen sich mit 2 : 1 verhalten.

Ein ähnliches Verhalten ist bei der Combination des Dodekaëders mit dem 2. Triakistetraëder ($a : a : {}^1/_2\, a)'$ nicht möglich, da dieses die Kanten des Dodekaëders gerade abstumpft und die Combinationskanten mit dem Dodekaëder nicht in einer Ebene liegen. Hier kommt immer neben eine Dodekaëderkante eine Fläche des Triakistetraëders zu liegen und die Dodekaëderkanten beider Individuen ragen somit etwas über die beiden Individuen gemeinsame Zusammensetzungsfläche hinaus, wie es die wiederholte Zwillingsbildung (Fig. 55) zeigt (Blende von Neudorf bei Harzgerode). Aehnliche Zwillinge kommen auch beim Fahlerz z. B. von Müsen unweit Siegen vor. Bei der

*) A. Sadebeck, Krystallform der Blende a. a. O. S. 42.

Blende z. B. von Kapnik in Ungarn treten Triakistetraëder in beiden Stellungen am Dodekaëder auf $(a : a : {}^1/_3\, a)$ in 1. und $(a : a : {}^1/_2\, a)'$ in 2. (El. I Fig. 59). Es kommen dann im Zwilling an der Zwillingsgrenze neben die Flächen des 1. Triakistetraëders des einen Individuums die Flächen des 2. des andern zu liegen und umgekehrt (Fig. 35). Zwischen ${}^1/_3\, o$ und ${}^1/_2\, o'$ liegt hier noch ein kleiner Theil der Fläche des 1. Tetraëders. Die Schnittflächen decken sich meist bei den Krystallen, da die Combinationskanten der Formen in 1. Stellung mit der Zwillingsebene Kanten bilden, welche eine gleiche Länge haben, wie die Combinationskanten der Formen 2. Stellung mit der Zwillingsebene.

6. Tetrakishexaëder-Zwilling (Fig. 43.). Das Tetrakishexaëder $(a : {}^1/_2\, a : \infty\, a) = {}^1/_2\, d$ kommt beim gediegenen Golde von Verespatak in Siebenbürgen*) in Zwillingsverwachsung vor. Die Zwillingsebene ist bei vollkommen regelmässiger Ausbildung ein symmetrisches Zwölfeck, an welchem immer je zwei abwechselnde Zwillingskanten ein- und ausspringend sind; die die einspringenden Kanten bildenden Flächentheile sind Dreiecke, die die ausspringenden bildenden unregelmässige Vierecke. Die übrigen Flächen bilden an den Endpunkten der Zwillingsaxe eine sechsseitige Pyramide und zwar eine gleichkantig sechsseitige, da bei diesem Tetrakishexaëder die zweierlei Kanten unter einander gleich sind $= 143°\ 8'$. Diese Eigenschaft giebt den Zwillingen ein hexagonales Aussehen, wenn die beiden Individuen soweit in der Richtung der Zwillingsaxe verkürzt sind, dass die Zwillingsebene der Basis der sechsseitigen Pyramide entspricht, es bilden dann die Flächen an dieser Basis den Seitenkantenwinkel eines Hexagondodekaëders von $78°\ 27'$. Treten noch Oktaëder- und Hexaëderflächen hinzu, so stellen die der Zwillingsebene parallelen Oktaëderflächen die gerade Endfläche dar, die Hexaëderflächen Rhomboëderflächen, welche in Bezug auf das Hexagondodekaëder eine gleiche Lage, wie die Rhombenflächen beim Phenakit haben (El. I Fig. 135.).

---

*) G. Rose, Poggendorffs Ann. Band 23 S. 166.

Auch hier werden durch die Verkürzung die einspringenden Winkel unterdrückt.

7. Hexakistetraëder-Zwillinge kommen beim Diamant vor, sie ähneln etwas den in der Richtung der Zwillingsaxe verkürzten Zwillingen des Tetrakishexaëders und erscheinen als doppelt sechsseitige Pyramiden mit zweierlei, abwechselnd stumpfen und spitzen Endkanten; die Endecken sind häufig durch Tetraëderflächen abgestumpft. Die Flächen sind meist gewölbt (Fig. 194).

b) Wiederholte Zwillingsbildungen.

Die Zwillingsbildung wiederholt sich sowohl mit parallelen als auch mit geneigten Zwillingsebenen.

1) Wiederholung mit parallelen Zwillingsebenen (Fig. 28).

Diese Art der Wiederholung erhält man, wenn man sich bei einem gewöhnlichen Oktaëderzwilling ein Individuum III an das II. zwillingsartig so angelegt denkt, dass es dieselbe Lage mit dem I. hat, an III ein IV., so dass es die Lage von dem II. hat und so fort, so dass also immer die Individuen mit ungeraden Zahlen und ebenso die mit geraden Zahlen untereinander dieselbe Lage haben. Eine derartige Wiederholung von Oktaëdern kommt beim Spinell und Magneteisenerz vor und die einzelnen Individuen sind dann immer stark in der Richtung der Zwillingsaxe verkürzt. Besonders ausgezeichnet sind die Wiederholungen bei den oktaëdrischen und dodekaëdrischen Zwillingen der Blende. Einzelne Individuen werden hier häufig ganz dünn und sind in ein vorherrschend entwickeltes Individuum zwillingsartig eingeschaltet, sie erscheinen dann auf den Tetraëderflächen oder Dodekaëderflächen als feine Streifen. Diese Streifen setzen nicht immer über die ganze Fläche fort, sondern können auch plötzlich abbrechen, wie dies der oktaëdrische Zwilling der Blende von Rodna zeigt (Fig. 32).

2) Wiederholung mit geneigten Zwillingsebenen.

Diese kann zunächst eine kreisförmige sein, welche um eine prismatische Axe stattfindet. Stellt man ein Oktaëder so, dass eine prismatische Axe vertical steht, so erscheint es als Combination eines verticalen Prismas von 109° 28′ und eines Längsprismas. Findet nun die Wiederholung nach dem verti-

calen Prisma statt, so fallen die Zwillingsaxen in eine Ebene, welche der geraden Endfläche entspricht und es sind 2 Fälle möglich, entweder ist diejenige Prismenfläche, welche mit der Zwillingsebene der Individuen I und II den stumpfen Winkel von 109° 28′ bildet, die Zwillingsebene für Individuum III oder es ist dies eine Prismenfläche, welche den spitzen Prismenwinkel von 70° 32′ mit der Zwillingsebene bildet. Die in dem 1. Fall stattfindonde Wiederholung heisst oktaëdrische (Fig. 29), da die Zwillingsebenen in Oktaëderkanten von 109° 28′ zusammenstossen, die nach dem 2. Fall tetraëdrische (Fig. 30), da sich die Zwillingsebenen in Tetraëderkanten von 70° 32′ schneiden.

1. Oktaëdrische Wiederholung (Fig. 29.). Bei Individuum I legt sich an zwei, sich in einer Oktaëderkante schneidende Oktaëderflächen Individuum II und III zwillingsartig an, so dass die 3 Individuen eine prismatische Axe, welche in den Zwillingsebenen liegt, gemeinsam haben. An dieser prismatischen Axe liegen 3 Winkel von 109° 28′ nebeneinander und die verticalen Oktaëderflächen der Individuen I und III bilden innen einen einspringenden Winkel von 31° 36′, welcher durch den verticalen Hauptschnitt des Individuums I halbirt wird. Da also die 3 Individuen den Kreis bis auf 31° 36′ schliessen, ist kein IV. vollständiges Individuum innerhalb des Kreises möglich und es entstehen Drillinge, wie sie Spinell und Blende*) zuweilen zeigen. Der einspringende Winkel zwischen Individuum II und III verschwindet meist, indem sich diese beiden Individuen so weit ausdehnen, bis sie sich treffen.

2. Tetraëdrische Wiederholung (Fig. 30). Bei Fig. 30 ist Individuum I so gezeichnet, dass der scharfe Prismenwinkel, welcher von der Hexaëderfläche gerade abgestumpft wird, vorn liegt. An die beiden hintern Flächen legen sich nun zunächst Individuum II und III zwillingsartig an, so dass deren scharfe Prismenwinkel neben die des Individuums I zu liegen kommen. In der, den drei Individuen gemeinsamen prismatischen Axe, um welche die kreisförmige Anordnung

*) Anm. A. Sadebeck, Blende a. a. O. S. 42. Fig. 9

stattfindet, bilden die Oktaëderflächen der Individuen II und III einen einspringenden Winkel von $3 \times 70° 32' = 211° 36'$. Den leeren Raum zwischen II und III füllen noch 2 Individuen aus, von denen IV gegen III und V gegen II sich in Zwillingsstellung befindet.

Auf diese Weise wird der Kreis bis auf einen Winkel von 7° 20′ geschlossen, so dass ein Individuum VI nicht mehr Platz hat. Durch die tetraëdrische Wiederholung entsteht mithin ein Fünfling, wie er beim Golde von Boitza im Banat*) vorkommt. Der innere einspringende Winkel zwischen Individuum IV und V kommt hier, wie bei dem vorher beschriebenen Drilling nicht zur Erscheinung, indem sich die Individuen ausdehnen und in einer Fläche des Ikositetraëders ($a : a : {}^7/_8\, a$) berühren. In dieser Fläche schneiden sich die Oktaëderflächen dieser beiden Individuen unter einem Winkel von 148° 24′, während die Oktaëderflächen je zweier anderer benachbarter Individuen sich in der Zwillingsebene unter 141° 4′ schneiden.

Dieselbe Art der Wiederholung kommt auch bei der Blende von Rodna vor. Hier tritt ausser dem Hexaëder noch das Dodekaëder auf, wodurch die 5kantigen Ecken, welche am Ende der gemeinsamen prismatischen Axe liegen, gerade abgestumpft sind.

Die symmetrische Wiederholung unterscheidet sich von der kreisförmigen dadurch, dass die Zwillingsaxen nicht in eine Ebene fallen, sondern gegen einander geneigt sind; sie kann doppelter Art sein.

1. Reguläre Wiederholung besteht darin, dass sich an sämmtliche Flächen eines als Stock dienenden Oktaëders Individuen zwillingsartig anlegen. Die Zwillingsgruppe besteht dann aus 9 Individuen, ist jedoch im Grunde genommen nur ein Fünfling, da immer je zwei Individuen, welche an parallelen Oktaëderflächen liegen, eine gleiche Lage haben. Je zwei solcher Individuen stellen dann mit dem mittlern eine parallele Wiederholung dar. Ausserdem sind in der Zwillingsgruppe auch die beiden Arten der kreisförmigen Wiederholung vertreten, in oktaëdrischer Wiederholung mit dem mittlern Individuum stehen die an einer Oktaëderkante liegenden, in tetraëdrischer

*) G. Rose, Poggend. Ann. 23 S. 166.

die an einer Oktaëderecke einander gegenüberliegenden Individuen. Derartige Wiederholungen kommen in der Weise vor, dass in ein Hauptindividuum nach den 4 Oktaëderflächen Zwillingslamellen eingeschaltet sind, wie es z. B. bei der Blende der Fall ist (Fig. 32). Die einzelnen Zwillingslamellen kreuzen sich dann und es herrscht häufig, wie bei Fig. 32 die parallele Wiederholung nach einer Richtung vor.

2. Rhomboëdrische Wiederholung. Giebt man einem Oktaëder die rhomboëdrische Stellung, indem man eine der rhomboëdrischen Axen vertical stellt, so kann man es als die Combination eines Rhomboëders mit gerader Endfläche betrachten. Die Rhomboëderflächen sind nun die Zwillingsebenen. Bei vollkommener Entwickelung liegen dann neben jeder der beiden geraden Endflächen 3 Individuen in Zwillingsstellung. Von den drei Individuen stehen immer je zwei mit dem Central-Individuum in tetraëdrischer Wiederholung.

Die Zwillingsgruppe ist ein Vierling, da in dem Falle, dass sich an sämmtliche Pseudorhomboëderflächen Zwillingsindividuen anlegen, immer je zwei eine parallele Lage haben.

B. Aneinanderwachsungs-Zwillinge senkrecht gegen die Zwillingsebene.

1. Holoëdrische Zwillinge. Bei diesen Zwillingen liegen die beiden Individuen nebeneinander, während sie bei den vorigen übereinander lagen; die beiden der Zwillingsebene entsprechenden Oktaëderflächen fallen in eine Ebene. Fig. 45 stellt 2 Oktaëder in einer derartigen Zwillingsstellung dar; die beiden vorn liegenden, in eine Ebene fallenden Oktaëderflächen sind durch eine eckige Klammer bezeichnet, sie haben eine entgegengesetzte Lage; die Ecken der einen Fläche liegen da, wo bei der andern die Seiten liegen und umgekehrt. Dreht man das Individuum $\underline{o}$ in der Zwillingsebene um 180°, so kommt es in dieselbe Stellung wie das Individuum *o*. Bei dieser theoretischen Figur berühren sich die beiden Individuen in Ecken. Die in dieser Ecke auf der Zwillingsebene senkrechte Ebene, welche die einspringenden Winkel der andern in der Ecke zusammentreffenden Oktaëderflächen halbirt, ist die Fläche eines Ikositetraëders $(a : a : {}^1/_2 a)$.

Die natürlichen Zwillinge, wie sie besonders beim Bleiglanz*) z. B. von Gonderbach unweit Laasphe in Westfalen vorkommen, weichen wesentlich in der Ausbildung von den theoretischen dadurch ab, dass die Individuen nach der Zwillingsebene tafelförmig erweitert sind, so dass die Ecke an der Zwillingsgrenze verschwindet und der einspringende Winkel in der Zwillingsecke zwischen den beiden hintern Oktaëderflächen überwachsen wird. Ausserdem treten die Hexaëderflächen hinzu und jedes der beiden Individuen entspricht einem nach einer Oktaëderfläche tafelförmigen Mittelkrystall (Fig. 46). Durch die an der Zwillingsgrenze liegenden Hexaëderflächen sind auch die seitlichen einspringenden Winkel der beiden an der Zwillingsecke liegenden Oktaëderflächen verdeckt. Die Zwillingsebene ist bei gleichmässiger Entwickelung ein regelmässiges Hexagon; die Zusammensetzungsfläche ein symmetrisches Hexagon. Bei Fig. 46 liegen an der vordern Seite an der Zwillingsgrenze 2 Hexaëderflächen *a* und $\underline{a}$ nebeneinander, 2 Oktaëderflächen *o* und $\underline{o}$ einander gegenüber, auf der hintern Seite an der Zwillingsgrenze 2 Oktaëderflächen nebeneinander und 2 Hexaëderflächen einander gegenüber.

An den Seiten greift vielfach das eine Individuum über das andere hinaus, so dass Theile des Zwillings das Ansehen von Aneinanderwachsungszwillingen nach der Zwillingsebene haben. Da der Bleiglanz nach den Flächen des Hexaëders deutlich spaltbar ist, so kann man leicht Zwillinge finden, welche an den Seiten allein von den Spaltungsflächen begrenzt sind, dieselben stellt Fig. 47 in vollkommen gleichmässiger Ausbildung der beiden Individuen dar. Die eine Zwillingsebene (bei der Figur die vordere) hat die Gestalt eines Rhombus mit Winkeln von 120° und 60°; die andere, hintere die eines Sechsecks mit Winkeln von 120°, bei welchem aber zwei Paar angrenzende Seiten gleichlang und grösser sind, als die beiden andern einander gegenüberliegenden. Die an diesen letztern Seiten liegenden Hexaëderflächen würden verlängert sich unter einem Winkel von 38° 56′ schneiden. Die Aehnlichkeit dieser Zwillinge mit rhomboëdrischen, bei welchen die gerade Endfläche Zwillingsebene ist, soll weiterhin erörtert werden.

---

*) A. Sadebeck, a. a. O. S. 43.

Die Zwillingsgrenze kann auf den der Zwillingsebene entsprechenden Oktaëderflächen einen vielfach gekrümmten Verlauf haben, sie kann stellenweise in sich zurückkehren und nach dem Rande gehen, so dass Theile des einen Individuums ganz oder theilweise von dem andern Individuum umschlossen werden. Der Verlauf der Zwillingsgrenze lässt sich am Rande leicht durch die bei beiden Individuen verschieden liegenden Spaltungsflächen verfolgen. Bei grössern Platten ist oft eine ganze Anzahl grösserer und kleinerer Zwillingsstücke eingeschaltet und die Zwillingsgrenzen sind zum Theil sehr gedrängt, zum Theil nehmen sie einen mannigfaltigen krummlinigen Verlauf, so dass die Oberfläche der Platten landkartenähnliche Zeichnungen zeigt.

2. Hemiëdrische Zwillinge. Stellt man 2 Tetraëder in paralleler Stellung auf eine Tetraëderfläche und dreht in der verticalen rhomboëdrischen Axe das eine Tetraëder gegen das andere um 180°, so erhalten die beiden untern Tetraëderflächen eine entgegengesetzte Lage. Sie können nun mit einer auf der Zwillingsebene senkrechten Ikositetraëderfläche ($a : a : {}^1/_2 a$) so verwachsen, dass sich die untern Tetraëderflächen mit Seiten oder Ecken berühren. Im erstern Falle bilden diese Flächen einen Rhombus und die an der kürzern Diagonale desselben liegenden obern Tetraëderflächen stossen unter einem einspringenden Winkel zusammen. Dieser Winkel kommt dadurch jedoch weniger zur Erscheinung, dass die Individuen parallel der Zusammensetzungsfläche verkürzt sind, wie es die Projection auf die Zwillingsebene eines Fahlerzzwillings Fig. 48 zeigt. *)

Berühren sich die untern Tetraëderflächen mit einer Ecke, so stossen ihre Seiten in derselben unter einspringenden Winkeln von 120° zusammen und die Seiten des einen Dreiecks setzen sich in die des andern fort. Auch in diesem Falle sind die Individuen parallel der Zusammensetzungsfläche verkürzt (Fig. 49, Fahlerz).

Ginge die Zusammensetzungsfläche gerade durch die Mitte

---

*) A. Sadebeck. Ueber Fahlerz und seine regelmässigen Verwachsungen, Zeitschr. d. Deutsch. geol. Ges. XXIV. Band, S. 427, Taf. XVI. Fig. 5 und 6 und Tafel XVII. Fig. 9 und 10.

der beiden Individuen, so würden in beiden Fällen die der Zwillingsebene gegenüberliegenden Ecken zusammenfallen, es würden bei der Verwachsung der ersten Art keine einspringenden Winkel entstehen, sondern die Tetraëderflächen der beiden Individuen würden über der rhombischen Zwillingsebene eine vierseitige Pyramide bilden. Bei den Zwillingen der 2. Art würden die einspringenden Winkel der Tetraëderflächen an der Zusammensetzungsfläche nicht verschwinden. Beide Arten der Verwachsung kommen beim Fahlerz in ausgezeichneter Weise vor, die Ausbildung der Zwillinge ist jedoch meist die, wie sie die Figuren 48 und 49 darstellen, Fahlerz von der Grube Aurora bei Dillenburg.

Bei der Blende*) z. B. von Schemnitz in Ungarn kommen solche Zwillinge auch vor, bei denen aber beide Tetraëder in Combination mit dem Hexaëder treten, so dass äusserlich die Zwillinge das Aussehen der Bleiglanzzwillinge (Fig. 46) haben. Die Fahlerzzwillinge lassen schon erkennen, dass an der Zusammensetzungsfläche immer Tetraëderflächen gleicher Stellung von beiden Individuen zusammentreffen, was bei der Blende noch mehr hervortritt. Die tafelförmig ausgebildeten Tetraëderflächen, welche der Zwillingsebene entsprechen, sind bei beiden Individuen in der Zwillingsebene gleicher Stellung, auf der einen Seite 1., auf der andern 2.; am Rande liegen ebenso neben 1. Tetraëderflächen des einen Individuums 1. des andern. Das ist ein wesentlicher Unterschied von den Zwillingen, bei welchen die Zwillingsebene Zusammensetzungsfläche ist, da bei diesen an der Zusammensetzungsfläche immer Tetraëder verschiedener Stellung zusammentreffen.

C. Durchwachsungs-Zwillinge.

Bei diesen Zwillingen tritt die Bedeutung der Zwillingsebene gegen die Zwillingsaxe zurück, die beiden Individuen sind in der Zwillingsaxe um 180° gegen einander gedreht. Vollkommene Durchwachsungen sind bekannt von Oktaëdern, Hexaëdern und Dodekaëdern.

1. Oktaëder - Zwilling (Fig. 50). Bei vollkommen regelmässiger Entwickelung fallen die beiden der Zwillingsebene ent-

*) A. Sadebeck, Blende, a. a. O. S. 42, Taf. XVII, Fig. 13—17, 21, 22.

sprechenden Oktaëderflächen in eine Ebene, welche die Gestalt eines sechseckigen Sternes hat, dessen Seiten sämmtlich untereinander gleich und 1/3 der Seiten der Oktaëderflächen sind. Dieser Stern entsteht dadurch, dass diese Flächen der beiden Individuen einen gemeinsamen Mittelpunkt, den Endpunkt der Zwillingsaxe haben. Die durch den Mittelpunkt gehende Ebene, welche auf der Zwillingsaxe senkrecht steht, ist ein regelmässiges Sechseck, wie die Zwillingsebene eines einfachen Aneinanderwachsungs-Zwillings.

Durch die Ecken dieser Ebene und der beiden parallelen sind sämmtliche Ecken und Kanten des Zwillings bestimmt.

Der Raum, welchen geometrisch beide Individuen gemeinsam haben, ist ein Hexagondodekaëder mit Endfläche, dessen Hauptaxe die Zwillingsaxe ist. Auf den Flächen dieses Hexagondodekaëders erheben sich die Ecken der beiden Oktaëder und zwar immer auf den abwechselnden die Ecken desselben Oktaëders.

An jeder Seite des durch den Mittelpunkt gehenden Sechsecks liegen zwei Oktaëderecken einander so gegenüber, wie zwei mit der Zwillingsebene verwachsene Oktaëder; an den sternförmigen Oktaëderflächen verhalten sich zwei benachbarte Oktaëderecken wie zwei Oktaëder, welche eine auf der Zwillingsebene senkrechte Zusammensetzungsfläche haben. Daraus ergiebt sich, dass der Durchkreuzungszwilling gewissermassen eine Combination der beiderlei Aneinanderwachsungszwillinge ist, was sich auch darin zeigt, dass die Durchkreuzungszwillinge durch Uebergänge mit den Aneinanderwachsungszwillingen verbunden sind.

Der idealen Form ähnliche Zwillinge kommen als grosse Seltenheit beim Magneteisenerz vor.

Häufig sind Durchwachsungszwillinge beim Bleiglanz*), aber von der idealen Ausbildung etwas abweichend. Die beiden Individuen sind nicht gleichmässig ausgebildet, das eine herrscht vor, aus den Oktaëderflächen desselben ragen dann Theile des andern in Zwillingsstellung heraus, so bei Fig. 53 aus den 3 abwechselnden Flächen an der Zwillingsebene. Derartige

*) A. Sadebeck, Bleiglanz, a. a. O. S. 42.

Zwillinge sind auch häufig parallel der Zwillingsebene tafelförmig ausgebildet.

2. Tetraëder-Zwilling (Fig. 57.). Bei vollkommen regelmässiger Entwickelung fallen die beiden Tetraëderflächen der beiden Individuen, welche auf der Zwillingsaxe senkrecht stehen, in eine Ebene und bilden einen sechseckigen Stern, gleich dem, welchen die in eine Ebene fallenden Oktaëderflächen beim Oktaëder - Durchwachsungszwilling machen. Die 3 nicht in dieser Ebene liegenden Tetraëderkanten der beiden Individuen stossen in dem entgegengesetzten Endpunkt der Zwillingsaxe zusammen. Es liegt dann immer über einer Tetraëderfläche des einen Individuums eine Kante des andern und zwei verschiedene Tetraëderflächen schneiden sich in einspringenden Zwillingskanten. Der beiden Individuen geometrisch gemeinsame Raum ist eine sechsseitige Pyramide, deren Höhe die Zwillingsaxe ist, deren Basis ein regelmässiges Sechseck und deren Endkanten die Zwillingskanten sind.

Derartige Zwillinge kommen beim Fahlerz *) vor, aber meist in der Art, dass Zwillingsecken aus den Flächen eines vorherrschenden Individuums herausragen (Fig. 58), Fahlerz von der Zilla bei Clausthal. Diese Ecken haben einen charakteristischen Einfluss auf die krystallographische Ausbildung der Tetraëderfläche, aus welcher sie herausragen, der darin besteht, dass zu dieser Tetraëderfläche noch Flächen von Triakistetraëdern hinzutreten, bei der Fig. 58 $^{1}/_{2}O$ und $^{1}/_{3}O$, welche so weit ausgedehnt sein können, dass die Tetraëderfläche selbst ganz verschwindet. Neben den andern Tetraëderflächen, aus denen keine Zwillingsecken herausragen, sind Flächen von Triakistetraëdern nur untergeordnet ausgebildet. Diese Erscheinung giebt ein vortreffliches Mittel an die Hand, Zwillinge von unregelmässigen Verwachsungen zu unterscheiden, indem letztere keine Häufung von Flächen an den Tetraëderflächen, aus welchen sie herausragen, bewirken. Ragt nur aus einer Seite, wie bei der Figur, eine Zwillingsecke heraus, so könnte man derartige Zwillinge auch als Aneinanderwachsungszwillinge senkrecht gegen die Zwillingsebene betrachten, ähnlich Fig. 48, bei welcher die beiden Individuen verschieden gross sind, die der Zwillingsebene paral-

---

*) A. Sadebeck, Fahlerz, a. a. O. S. 54.

lelen Tetraëderflächen nicht in eine Ebene fallen und das grössere Individuum sich seitlich über das kleinere ausgedehnt hat, so dass letzteres gewissermassen eingekeilt erscheint. Diese Art der Ausbildung steht in der Mitte zwischen den Durch- und Aneinanderwachsungszwillingen und ist als Ineinanderwachsung zu bezeichnen.

Wenn Tetraëder 1. und 2. Stellung ausgebildet sind und besonders, wenn sie, wie beim Diamant nahezu sich im Gleichgewicht befinden, so haben die Durchwachsungen ganz das Aussehen, wie die Durchwachsungen von Oktaëdern. Beim Diamant sind die Zwillinge meist in der Richtung der Zwillingsaxe verkürzt und es kommen eigenthümliche Verwachsungen vor, welche in der Mitte stehen zwischen Durchwachsungen und Aneinanderwachsungen senkrecht gegen die Zwillingsebene.

3. Hexaëder-Zwilling (Fig. 51.). Bei vollkommen regelmässiger Durchwachsung fallen die an den beiden Endpunkten der Zwillingsaxe liegenden Ecken der beiden Individuen zusammen. Es strahlen mithin von beiden Endpunkten der Zwillingsaxe 6 Hexaëderkanten aus, welche abwechselnd dem einen, abwechselnd dem andern Individuum angehören. Zwischen diesen liegen 6 einspringende Zwillingskanten von $228^0\ 11'$, welche die Endpunkte der Zwillingsaxe mit den Mittelpunkten der gegenüberliegenden Hexaëderkanten verbinden. Die durch diese Kanten von den Hexaëderflächen abgeschnittenen Theile sind mithin rechtwinklige Dreiecke, deren eine Kathete die Hexaëderkante ist, die andere die halbe Länge der Hexaëderkante hat und deren Hypotenuse $= \frac{1}{2}\sqrt{5}$ der Hexaëderkante misst. Die kürzern Katheten stossen in Zwillingsecken zusammen, welche in einer durch den Mittelpunkt gehenden, der Zwillingsebene parallelen Ebene liegen und die Eckpunkte eines regelmässigen Sechsecks bilden. Die Seiten dieses Sechsecks sind mithin Linien, welche je zwei benachbarte Mittelpunkte der Hexaëderkanten verbinden und deren Länge $\sqrt{\frac{1}{2}}$ der Hexaëderkanten ist. In ihnen stossen rechtwinklig gleichschenklige Theile der Hexaëderflächen unter einem einspringenden Winkel von $250^0\ 32'$ zwillingsartig zusammen.

Es ragen mithin aus den Flächen des einen Individuums Ecken des andern heraus.

Die Kanten dieser Ecken haben eine verschiedene Länge,

die eine die Länge der Hexaëderkante, die andern beiden nur die halbe Länge. Die längere liegt über einer Diagonale der Hexaëderfläche des andern Individuums und endigt in der Zwillingsaxe, die andern endigen in den Mittelpunkten von Hexaëderkanten des andern Individuums, also in der Zwillingsebene.

Die Basis einer Ecke ist in der Hexaëderfläche des andern Individuums ein gleichschenkliges Dreieck, gebildet von den zweierlei Zwillingskanten. In den Zwillingskanten stossen immer 2 gleiche Flächentheile der beiden Individuen zusammen.

Der beiden Individuen geometrisch gemeinsame Raum stellt eine doppelt sechsseitige Pyramide dar, deren Hauptaxe die Zwillingsaxe ist, die Basis ein regelmässiges Sechseck, gebildet von den kürzern Zwillingskanten, die Endkanten gebildet von den längern Zwillingskanten. Die in den kürzern Zwillingskanten einander gegenüberliegenden Flächentheile verhalten sich wie zwei mit der Zwillingsebene verwachsene Hexaëder; die in den längern Kanten zusammentreffenden wie zwei Hexaëder, welche senkrecht gegen die Zwillingsebene verwachsen sind.

Die natürlichen Zwillinge, wie sie beim Flussspath, Buntkupfererz, Silberglanz, Diamant und Bleiglanz vorkommen, entsprechen nie genau der vollkommen regelmässigen Form, gewöhnlich ragen kleinere oder grössere Ecken aus den Flächen eines vorherrschenden Hexaëders zwillingsartig heraus. Es werden so zweierlei Zwillingsecken gebildet, von den einen Ecken laufen eine Hexaëderkante und zwei längere Zwillingskanten aus, von den andern zwei halbe Hexaëderkanten und eine kürzere Zwillingskante (Fig. 54). Dies ist besonders beim Flussspath der Fall. Es entsteht dann immer eine Streifung in der Richtung der Hexaëderkanten, welche auf den Flächen, aus denen keine Hexaëderkante hervorragt, fehlt und auf ein flaches Tetrakishexaëder hinweist. Diese Streifen gehen von den Zwillingsecken aus, in deren Nähe sie auch am meisten gehäuft sind.

Fig. 56 stellt einen Bleiglanzzwilling dar, welcher in doppelter Hinsicht interessant ist.

1. Die beiden Individuen zeigen eine verschiedene Entwickelung der beiden in Combination befindlichen Formen, des Oktaëders und Hexaëders, bei dem einen herrscht das Oktaëder vor, bei dem andern das Hexaëder.

2. An Individuum I erscheinen auf der einen Hexaëderfläche flache Kanten, die von einem flachen Ikositetraëder herrühren und zwar gehen diese Kanten von den Punkten aus, an welchen die Combinationskanten des II. Individuums die Hexaëderfläche treffen; eine Erscheinung, die grosse Aehnlichkeit mit der Streifung beim Flussspath hat. Auf den übrigen Hexaëderflächen fehlen auch hier diese flachen Kanten.

Die Individuen sind nicht vollkommen durcheinander, sondern nur ineinander gewachsen.

Derartige Zwillinge bilden den Uebergang zu den Aneinanderwachsungszwillingen, denn man kann sie auch als solche auffassen, welche mit der Zwillingsebene verwachsen sind und bei denen dann das eine Individuum sich über die Zwillingsgrenze hinaus ausdehnt, so dass das andere gewissermassen eingekeilt erscheint.

4. Dodekaëder-Zwilling (Fig. 52.). Bei vollkommen regelmässiger Entwickelung fallen die der Zwillingsaxe parallelen 6 Flächen der beiden Dodekaëder zusammen und zwar immer paarweise in eine Ebene. Die 3 an den Enden der Zwillingsaxe liegenden Flächen der beiden Individuen sind gegeneinander um 180° resp. 60° gedreht, so dass die Kanten der einen 3seitigen Pyramide aus den Flächen der andern herausragen und die Flächen der beiderlei Dodekaëder sich in einspringenden Zwillingskanten schneiden. Die der Zwillingsaxe parallelen Kanten sind um $^1/_3$ länger, als die der einfachen Krystalle, die zwischen ihnen liegenden Flächen sind Sechsecke mit zwei einander gegenüberliegenden einspringenden Winkeln; die am Endpunkt der Zwillingsaxe liegenden Flächen gleichschenklige Dreiecke.

Der geometrisch beiden Individuen gemeinsame Raum ist ein Hexagondodekaëder mit einem Prisma 2. Ordnung; die Kanten des Hexagondodekaëders entsprechen den an den Endpunkten der Zwillingsaxe liegenden Zwillingskanten, die Zwillingsaxe ist Hauptaxe und die Prismenkanten liegen wie die der Zwillingsaxe parallelen Kanten, sind aber nur halb so lang als diese.

Derartige Zwillinge kommen sehr regelmässig beim Sodalith vom Vesuv und vom Laacher See vor und sind meist in

der Richtung der Zwillingsaxe sehr verlängert. Auf den der Zwillingsaxe parallelen, eine sechsseitige Säule bildenden Flächen lässt sich keine Zwillingsgrenze wahrnehmen.

Weniger regelmässig kommen diese Zwillinge bei der Blende *) vor und zwar bei der rothen vom Pfaffenberge bei Harzgerode (Fig. 55) mit den Flächen des 2. Triakistetraëders $^1/_2O'$, als schmale Abstumpfungen der die abwechselnden 3kantigen Ecken bildenden Kanten, so dass neben die Flächen $^1/_2O$ des einen Individuums die Kanten des Dodekaëders des andern Individuums zu liegen kommen. Hier kann man den unregelmässigen Verlauf der Zwillingsgrenze an dem verschiedenen Glanz der beiderlei Dodekaëderflächen erkennen. Die Verschiedenheit des Glanzes ist nur eine relative, bedingt durch die Zwillingsstellung, denn stellt man den Zwilling so, dass das Dodekaëder des einen Individuums glänzt, das andere matt ist und dreht dann um 180°, so ist das eine matt, das andere glänzend. Die Zwillinge sind gewöhnlich in der Richtung der Zwillingsaxe verkürzt, die Durchwachsung ist keine vollkommene, so dass aus den Flächen des einen Individuums Ecken des andern herausragen.

Fig. 55 zeigt, dass die Zwillingsbildung nach verschiedenen Zwillingsaxen stattfinden kann, indem Individuum II und III zu I die Stellung haben, wie Oktaëder mit tetraëdrischer Wiederholung der Zwillingsbildung; an Individuum III legt sich dann wieder IV zwillingsartig, welches zu I in keiner Zwillingsstellung sich befindet.

Bei anderer Blende von Harzgerode ist das 1. Triakistetraëder $^1/_3O$ entwickelt (vergl. Fig. 34), die Zwillinge erhalten gewissermassen ein hemimorphes Ansehen, indem an dem einen Endpunkt der Zwillingsaxe die Fläche des 1. Tetraëders als Abstumpfung der Zwillingsecke auftritt und sich so ausdehnt, dass sie das sechsseitige Prisma auf dieser Seite allein begrenzt, während an dem andern Endpunkt der Zwillingsaxe die Fläche des 2. Tetraëders fehlt. Durch die starke Ausbildung der Fläche des 1. Tetraëders erscheint der Zwilling in der Richtung der Zwillingsaxe verkürzt.

---

*) A. Sadebeck, Blende, a. a. O. S. 42.

2. Gesetz.

Dieses Gesetz kommt nur bei Spaltungshexaëdern des Bleiglanzes *) vor. Fig. 59 stellt zwei nach diesem Gesetz vollkommen regelmässig mit der Zwillingsebene, einer Fläche ($a : 1/4 : 1/4 a$) verwachsene Hexaëder dar. Die Zwillingsebene hat die Gestalt eines symmetrischen Sechsecks, in welchem je zwei einander gegenüberliegende Seiten parallel sind. Die beiden parallelen längsten Seiten haben die Richtung der Diagonalen der Hexaëderflächen und schneiden die Hexaëderkanten im Verhältniss von 1 : 8; die 4 andern Seiten sind untereinander gleich lang und verbinden die Endpunkte der längern Seiten mit den Mittelpunkten zweier einander gegenüberliegender Hexaëderkanten (in der Figur der rechts und links liegenden verticalen).

Die Zwillingsebene theilt das Hexaëder in 2 congruente Hälften von folgender Gestalt. Die 2 parallelen Hexaëderflächen, welche die Zwillingsebene in der Richtung der Diagonalen schneidet, haben eine verschiedene Gestalt, die eine ist ein symmetrisches Fünfeck mit 3 rechten Winkeln und 2 stumpfen von 135°; der eine rechte Winkel wird von 2 Hexaëderkanten gebildet, an dem andern stossen diese Kanten mit 1/8 so langen zusammen und letztere bilden mit der Seite der Zwillingsebene den stumpfen Winkel. Die dieser parallele Fläche ist ein rechtwinkliges Dreieck, dessen Katheten 7/8 so lang als die Hexaëderkanten sind, dessen Hypotenuse die längere Seite der Zwillingsebene ist. Von den 4 andern Flächen der Hexaëder-Hälften sind je zwei congruent; die kleinern sind rechtwinklige Dreiecke, deren Hypotenuse die Länge der kleinern Seiten der Zwillingsebene hat, die Katheten sind verschieden lang, die eine halb so lang, als eine Hexaëderkante, die andere 1/8 derselben (der in der kürzern Kathete liegende Winkel beträgt 75° 57′ 50″); die grössern sind Hexaëderflächen, von welchen die kleinern Flächentheile in Abzug zu bringen sind.

Die Zwillingsebene schneidet die Hexaëderflächen in den längern Seiten unter 79° 58′ 30″; in den kürzern Seiten unter

*) A. Sadebeck, Bleiglanz, a. a. O. S. 43.

$75^0\ 29'\ 20''$. Dreht man nun die eine Hälfte in der Zwillingsebene um 180^0, so kommen in der Zwillingsebene immer die gleichgestalteten Theile der Hexaëderflächen neben einander zu liegen und es bilden die symmetrisch fünfseitigen Flächentheile einen ausspringenden Winkel von $159^0\ 57'$, die diesen parallelen gleichschenklig dreiseitigen einen gleichen einspringenden; die unregelmässig fünfseitigen Flächentheile ausspringende Winkel von $144^0\ 58'\ 40''$ und die ungleichseitig dreiseitigen dieselben einspringenden.

Man erkennt leicht, dass die 4 Hexaëderflächen des einen Individuums, welche von der Zwillingsebene schief geschnitten werden, auf das Axenkreuz des Zwillingsindividuums bezogen, ein gleiches Axenverhältniss ergeben, die zwei, welche in der Richtung der Diagonalen geschnitten werden, ein von diesem verschiedenes. Für die erstern ergiebt die Rechnung $(a : {}^1/_4 a : 8a)$, für die letztern Flächen des Ikositetraëders $(a : a : {}^8/_{31} a)$. Somit fallen die Grundaxen des einen Individuums mit den Normalen von 2 Flächen des besagten Hexakisoktaëders und einer Fläche des Ikositetraëders des andern Individuums zusammen und umgekehrt.

Derartige regelmässige Zwillinge kommen nicht vor; die Zwillingsbildung ist stets eine wiederholte, wie zunächst Fig. 60 zeigt, bei welcher in ein herrschendes Hexaëder eine Lamelle nach diesem Gesetze eingeschaltet ist. Solche Lamellen wiederholen sich meist vielfach und da sie sehr dünn sind, erscheinen sie nur als Streifen, wie sie auch bei Fig. 61 gezeichnet sind.

Die Lamellen rufen Streifen zweierlei Art hervor, solche, welche der Diagonale einer Hexaëderfläche parallel gehen und solche, welche schief über die Hexaëderfläche verlaufen. Die erstern schneiden die Hexaëderkante in Winkeln von 45^0, die letztern unter $104^0\ 2'$ resp. $75^0\ 58'$.

Die Zwillingsbildung ist auch häufig eine wiederholte mit geneigten Zusammensetzungsflächen, es können nach 12 verschiedenen Richtungen Zwillingslamellen eingeschaltet sein. Bei Fig. 61 liegen Zwillingslamellen parallel den 4 Triakisoktaëderflächen von $(a : {}^1/_4 a : {}^1/_4 a)$, welche in dem Endpunkt der verticalen Axe liegen. Demzufolge zeigt die obere Hexaëderfläche Streifen nach beiden Diagonalen, und die beiden vordern Hexaëderflächen sind nach zwei verschiedenen Richtungen schief gestreift.

3. Gesetz.

Da die Zwillingsaxe eine prismatische Zwischenaxe ist, so muss eine Dodekaëderfläche Zwillingsebene sein. Wenn man von zwei parallel gestellten holoëdrischen Krystallen den einen gegen den andern in einer prismatischen Axe um 180° dreht, so wird die Stellung des Axenkreuzes des gedrehten Individuums nicht geändert, so dass die gleichnamigen Flächen des einen Individuums mit den entsprechenden gleichnamigen des andern zusammenfallen, also kein Zwilling entsteht. Bei den hemiëdrischen Krystallen dagegen sind die Flächen jeder Form zweierlei Art, wonach man 1. und 2. Formen unterscheidet, es entsteht hier ein Zwilling, wenn die Flächen einer 1. Form des einen Individuums da zu liegen kommen, wo bei dem andern Individuum die Flächen der 2. Form liegen. Diese Zwillinge erhält man auf mechanischem Wege schon durch Drehung um 90°.

1) Tetraëdrische Zwillinge. Schneidet man ein Tetraëder parallel einer Dodekaëderfläche in der Mitte durch (Fig. 62), so ist die Schnittfläche ein gleichschenkliges Dreieck, dreht man nun in dieser Ebene die eine Hälfte um 180°, so decken sich die Schnittflächen (Zwillingsebenen) nicht, sondern die eine liegt mit ihrem Scheitel an dem Mittelpunkt der Basis der andern, so dass von jeder Schnittfläche zwei Dreiecke frei bleiben und die Schnittflächen sich in einem Rhombus decken, dessen längere Diagonale eine Grundaxe und dessen kürzere eine prismatische Axe beider Individuen ist.

Die beiden Hälften des Tetraëders haben vor der Drehung gegen die Zwillingsebene eine gleiche, nach derselben dagegen eine verschiedene Lage. Die Zwillingsebene hat hier nur eine untergeordnete Bedeutung, da sie nie wie bei der idealen Fig. 62 als Zusammensetzungsfläche auftritt. Die Zwillinge sind stets Durchwachsungszwillinge (Fig. 63), welche dadurch entstehen, dass sich die Flächen der beiden Individuen über die Zwillingsebene ausdehnen.

Der geometrisch beiden Tetraëdern gemeinsame Raum, welcher durch die Zwillingskanten bestimmt ist, ist das Oktaëder; die Tetraëderkanten schneiden sich unter 90° und die Zwillingskanten sind einspringend, in den Winkeln gleich den Oktaëder-

kanten. Da man bei der Zwillingsbildung in der Regel 2 vollkommen gleiche Individuen zu Grunde legen muss, so müssen zwei derartig durcheinander gewachsene Tetraëder immer gleicher Art sein und das eine Tetraëder befindet sich dann in 1., das andere in 2. Stellung.

Derartige Zwillinge kommen beim Helvin vor; bei der Wismuthblende sind es häufig 2 Triakistetraëder (Fig. 65), $^1/_2$ $(a : a : {}^1/_2\, a)$. Wie bei dem einfachen Tetraëderzwilling der beiden Individuen geometrisch gemeinsame Raum die entsprechende holoëdrische Form darstellt, ist es auch hier der Fall, es bezeichnen mithin die Zwillingskanten Kanten des Ikositetraëders $(a : a : {}^1/_2 a)$ und zwar die längern.

Am ausgezeichnetsten kommt diese Art der Zwillingsbildung beim Diamant vor. Hier sind aber meist 1. und 2. Formen in Combination, wie es Fig. 64 zeigt. Man ersieht daraus leicht, dass die Flächen des 2. Tetraëders des einen Individuums die Lage des 1. des andern erhalten und umgekehrt. In der Figur herrscht bei beiden Individuen das 1. Tetraëder, das 2. Tetraëder erscheint aber auch stark entwickelt, so dass die Figur das Ansehen eines einfachen Oktaëders mit eingekerbten Kanten hat. Meist sind die Flächen des 2. Tetraëders so gross, dass man kaum die durch die Flächen des ersten Tetraëders gebildete Kerbung erkennen kann und die Krystalle wie einfache Oktaëder aussehen. Ausserdem kommen sehr häufig Hexakistetraëder vor, theils als Zuspitzung der Oktaëderecken, theils selbstständig und in letzterm Falle ein Hexakisoktaëder bildend.

Es wird mithin durch dieses Zwillingsgesetz die Hemiëdrie gewissermassen neutralisirt.

Zwillinge parallelflächig hemiëdrischer Formen. Führt man durch den Mittelpunkt eines Pentagondodekaëders einen Schnitt parallel einer Dodekaëderfläche, so ist dieser Schnitt ein symmetrisches Sechseck; dreht man nun die eine Hälfte um 180°, so decken sich die Schnittflächen vollkommen (Fig. 66). Die beiden Hälften haben dann verschiedene krystallographische Stellung, sind aber immer gleicher Art. Aus diesen Aneinanderwachsungszwillingen entstehen Durchwachsungszwillinge, wenn sich jedes Individuum über die Zwillingsgrenze hinaus ausdehnt und für sich wieder die Gestalt

eines vollständigen Pentagondodekaëders annimmt. Der geometrisch beiden Individuen gemeinsame Kern ist dann das Tetrakishexaëder, aus welchem die Pentagondodekaëder abzuleiten sind; dasselbe ist bestimmt durch die einspringenden Zwillingskanten. Die Grundkanten beider Individuen schneiden sich unter 90°.

Auf dieselbe Weise durchwachsen auch Diploëder (Fig. 68), der geometrisch gemeinsame Kern ist dann natürlich ein Hexakisoktaëder. Die Figur zeigt noch die Flächen des Oktaëders und Hexaëders, welche von beiden Individuen in eine Ebene fallen. Auf den Hexaëderflächen kann man die Zwillingsbildung an der doppelten, sich unter 90° schneidenden Streifung erkennen.

Wie bei den Tetraëdern verwachsen auch hier auf diese Weise meist Formen gleicher Art, das heisst zwei 1. oder zwei 2. Es kann aber der Fall eintreten, dass von einem der beiden Individuen die Gegenform entwickelt ist, also das eine ein 1., das andere ein 2. Pentagondodekaëder ist, es fallen dann die entsprechenden gleichnamigen Flächen beider Individuen zusammen, da dieselben bei einfachen Krystallen um 90° gegeneinander gedreht erscheinen, so dass durch die Drehung bei der Zwillingsbildung die verschiedene Stellung beseitigt wird.

Derartige Zwillinge haben dann ganz das Ansehen von einfachen Krystallen und sind äusserlich als Zwillinge nur dann erkennbar, wenn die Flächen der beiden Individuen eine verschiedene Oberflächen-Beschaffenheit haben. So zeigt Fig. 69 in Horizontalprojection ein vorwiegend 2. glattes Hexaëder des Eisenkieses und an einer Stelle eine gestreifte Partie, welche einem 1. Hexaëder angehört.

G. Rose*), welcher die Krystalle des Eisenkieses ihrem thermo-elektrischen Verhalten nach in positive und negative unterschieden hat, zeigt, dass die Zwillingsbildung bei diesem Mineral eine sehr häufige ist.

---

*) G. Rose, über den Zusammenhang zwischen hemiëdrischer Krystallform und thermo-elektrischem Verhalten beim Eisenkies und Kobaltglanz, Pogg. Ann. Band 142 S. 1.

Es kommen 3 Arten von Zwillingsverwachsungen vor.

a) Verwachsung zweier positiver Krystalle,

b) Verwachsung zweier negativer Krystalle,

c) Verwachsung eines positiven und eines negativen Krystalls.

a) Positive Zwillinge.

Es kommen Pyritoëder-Verwachsungen, z. B. auf Elba vor, die Grundkanten sind schwach abgestumpft durch die Hexaëderflächen, die Krystalle sind durcheinandergewachsen, die Hexaëderflächen der beiden Krystalle kreuzen sich also rechtwinklig und fallen in eine Ebene, was sehr deutlich bei dem Fig. 68 gezeichneten Zwilling der Fall ist, bei welchem das Diploëder *s* herrscht. Die Krystalle sind theils vollständig durcheinandergewachsen, theils ragen aus einem herrschenden Individuum nur Theile des andern zwillingsartig hervor.

Bei den hierher gehörigen Zwillingen ist das Verhalten der Krystalle im Innern folgendes. Wenn man einen Zwillingskrystall parallel einer Hexaëderfläche mit einem scharfen Meissel spaltet, so kann man auf der Bruchfläche von einer Grenze zwischen den beiden Individuen in der Regel nichts sehen. Polirt man die Bruchfläche, so zeigen die beiden Individuen öfter wohl etwas Verschiedenheit im Glanze, so dass man die Grenzen schon erkennen kann. Deutlicher treten diese Unterschiede durch Aetzung hervor, indem beiderseits von der Zwillingsgrenze die Aetzfiguren eine entgegengesetzte Lage haben. Die Grenzen beider Individuen gehen unregelmässig, nie genau durch die Diagonalen der Hexaëderfläche, sind aber sonst ganz geradlinig.

b) Negative Zwillinge.

Ausgezeichnete Durchwachsungen von zwei Pyritoëdern (Fig. 67) zeigen die zahlreich im Keupermergel bei Vlotho in Westfalen vorkommenden Zwillinge, welche an der Oberfläche in Göthit umgewandelt sind, sog. Zwillinge des eisernen Kreuzes.

c) Verwachsung positiver und negativer Krystalle.

Es sind die Zwillingskrystalle, welche man erst durch nähere Untersuchung als solche erkennen kann. Die Krystalle sind

aneinander oder durcheinander gewachsen, gewöhnlich aber unregelmässig und Theile des einen durch Theile des andern oft vollständig getrennt. Die Flächen des Zwillings erscheinen dann, wenn die Flächen des positiven und negativen Krystalls in ihrer Beschaffenheit sehr verschieden sind, wie gefleckt.

1. Combinationen des Oktaëders und Hexaëders kommen bei Brosso in Piemont vor (Fig. 69), untergeordnet erscheinen die Flächen des Pyritoëders und Diploëders. Die gleichnamigen Flächen sind aber unregelmässig ausgedehnt und Pyritoëder und Diploëder treten auch ganz unregelmässig hinzu.

Die Flächen gehören grösstentheils dem negativen Krystall an und sind glatt und glänzend. Stellenweise sind sie aber öfters stark gestreift, die Streifen sind ganz unregelmässig begrenzt und diese stark gestreiften Flächentheile gehören dem positiven Krystall an. Die Oktaëderflächen sind theils negative, theils positive. Die negativen Flächen sind in der Regel ganz glatt, die positiven aber gestreift nach den Flächen des positiven Diploëders und ausserdem mit 3eckigen Eindrücken versehen. Die Pyritoëderflächen sind matt und zeigen kleine dreieckige oder trapezoidale Eindrücke, die Diploëderflächen sind glatt und positiv.

Die Grenze der beiden Individuen verläuft auch auf den Bruchflächen ganz unregelmässig und krummlinig.

2. Pyritoëdrische Zwillinge. Reine Pyritoëder kommen bei Traversella mit grober horizontaler Streifung vor, welche aber oft unterbrochen ist; die Grenze der beiden Individuen kann man deutlich verfolgen, indem glänzende und matte Stellen auf den Flächen vorhanden sind. Von demselben Fundort sind auch Combinationen mit Hexaëder und den Diploëdern *s* $(a : {}^1/_2 a : {}^1/_3 a)$ und *n* $(a : {}^1/_2 a : {}^1/_4 a)$, die untergeordnet hinzutreten, bekannt. Pyritoëder und Hexaëder sind positiv, sehr glänzend und nach den Grundkanten schwach gestreift. Die Diploëderflächen sind ganz matt und drusig von lauter kleinen hervorragenden Hexaëderecken. Die Flächen des Diploëders *s* werden aber stellenweise durch ganz glänzende Streifen, die den Combinationskanten des Diploëders mit dem Hexaëder oder dem Diploëder *n* parallel gehen, oder ganz unregelmässig begrenzt sind, unterbrochen. Die matten Diploëderflächen sind negativ, die glänzenden Stellen dagegen wieder positiv.

3. Oktaëdrische Zwillinge sind von Brosso in Piemont bekannt.

4. Ebendaselbst kommen auch Zwillinge vor, deren beide Individuen ganz verschiedene Combinationen darstellen.

Beide enthalten das Pyritoëder vorherrschend, das eine ausserdem die Flächen des Ikositetraëders ($a : a : \frac{1}{2}a$) und noch mehr die Flächen des Hexaëders und des schärfern Pentagondodekaëders ($a : \frac{4}{5}a : \infty a$); das andere die Flächen des Oktaëders in ungefähr gleicher Grösse mit dem Pyritoëder und klein die Flächen des Diploëders ($a : \frac{1}{2}a : \frac{1}{4}a$); das 1. Individuum ist positiv, das 2. negativ; die Grenzen beider verlaufen unregelmässig.*)

4. Doppelzwillinge.

Durchwachsungszwillinge nach dem 3. Gesetz sind wieder nach dem 1. Gesetz zwillingsartig verbunden. Dies ist beim Diamant der Fall, es herrscht dann das 1. Zwillingsgesetz vor, so dass die Zwillinge wie einfache Oktaëderzwillinge aussehen, bei näherer Betrachtung erkennt man jedoch, dass die einzelnen Individuen dieses Zwillings Einkerbungen an den Oktaëderkanten haben, also stets Zwillinge nach dem 3. Gesetz sind.

Allgemeine Betrachtungen über die Zwillinge des regulären Systems.

Das Gemeinsame aller Zwillinge des regulären Systems besteht darin, dass die Axen des einen Individuums mit Normalen krystallonomischer Flächen des andern Individuums zusammen-

---

*) Ausser diesen Zwillingen hat G. Rose auch solche Krystalle als Zwillinge beschrieben, bei denen die beiden Individuen physikalisch verschieden sind und die ihrer physikalischen Eigenschaft gebührende Stellung haben, also Combinationen von Formen 1. und 2. Stellung sind, wie Fig. 70, welche die Combination des Hexaëders und Dodekaëders mit 1. und 2. Pyritoëder und dem 2. Pentagondodekaëder $\frac{1}{3}$d darstellt. Wegen des verschiedenen thermo-elektrischen Verhaltens der Formen 1. und 2. Stellung nahm er eine Verwachsung zweier Individuen an. Da jedoch beide Individuen eine parallele Stellung und keine entgegengesetzte haben, so sind es keine Zwillinge im eigentlichen Sinne des Wortes, sondern parallele Verwachsungen zweier Individuen, vorausgesetzt, dass es wirklich zwei Individuen sind. Nach Analogie müsste man dann auch die sämmtlichen hemiëdrischen Krystalle, bei denen Formen 1. und 2. Stellung zusammen auftreten, für Zwillinge erklären.

fallen. Diese können nun die Normalen einer Gestalt sein, wie es beim 1. und 3. Gesetz der Fall ist, oder von zwei verschiedenen Gestalten, wie beim 2. Gesetz; für den Fall, dass es die Normalen dreier verschiedener Gestalten sind, ist noch kein Beispiel bekannt. Nach dem angeführten allgemeinen Gesetz sind theoretisch noch eine ganze Anzahl von Zwillingsbildungen möglich. Der Grund dafür, dass noch nicht Zwillinge nach mehr Gesetzen beschrieben sind, liegt wohl darin, dass, wenn noch andere Zwillinge überhaupt vorkommen, diese selten sind, da die gegenseitigen Beziehungen beider Individuen viel complicirter sein müssen, als bei den beobachteten Zwillingen.

Die am häufigsten vorkommenden beiden Gesetze erzeugen sehr einfache Beziehungen zwischen den zu einem Zwilling verbundenen Individuen, nach dem 1. Gesetz werden Pseudosymmetrieen hergestellt, nach dem 2. wird bei den hemiëdrischen Formen die holoëdrische Ordnung angestrebt und zuweilen auch hervorgerufen. Die durch das 1. Gesetz besonders hervortretende Pseudosymmetrie ist eine rhomboëdrische und aus dem Umstande, dass die parallelflächig hemiëdrischen Formen keine vollkommen regelmässig symmetrische Gruppirung in den rhomboëdrischen Axen haben, erklärt es sich, dass diese Formen dem 1. Zwillingsgesetz nicht unterworfen sind. Da nun die holoëdrischen Formen nur nach dem 1. Gesetz verwachsen sein können, so sind die tetraëdrischen die einzigen, welche als Doppelzwillinge erscheinen können.

II. Zwillinge des quadratischen Systems.

Die Zwillinge sind durchweg nach zwei Gesetzen gebildet, Zwillingsaxe die Normale einer Oktaëderfläche und Zwillingsaxe eine Nebenaxe.

1. Gesetz.

Die Zwillinge, deren Zwillingsaxe die Normale einer Oktaëderfläche ist, sind verschiedene, je nachdem die betreffende Oktaëderfläche dem Hauptoktaëder, 1. stumpfern oder 1. spitzern Oktaëder angehört. Hierdurch ist jedoch nicht immer eine verschiedene Erscheinungsweise der Zwillinge bedingt, da diese nicht allein von der Zwillingsaxe, sondern auch von der herrschenden Form der Individuen abhängt. Herrscht z. B., wie es häufig beim Kupferkies der Fall ist, das 1. spitzere Oktaëder

und die Zwillingsaxe ist die Normale einer Fläche der Grundform, also die Normale einer Fläche des 1. stumpfern Oktaëders der herrschenden Form, so müssen die Zwillinge das gleiche Aussehen haben, wie solche, bei denen ein Hauptoktaëder herrscht, dessen Winkel denen des 1. spitzern Oktaëders des Kupferkieses nahe stehen, z. B. beim Hausmannit und bei denen die Normale einer Fläche des 1. stumpfern Oktaëders Zwillingsaxe ist; vorausgesetzt, dass die Art der Verwachsung dieselbe ist. Da jedoch als Grundform dasjenige Oktaëder angenommen wird, welches bei den Krystallen am meisten entwickelt ist, so werden die Zwillinge im Allgemeinen, je nach der Beziehung der Zwillingsaxe zur Grundform ein verschiedenes Aussehen haben, so dass es sich empfiehlt, die 3 Gesetze gesondert zu betrachten, denen zu Folge eine Flächennormale der Grundform, des 1. stumpfern oder 1. spitzern Oktaëders Zwillingsaxe ist. Dazu kommt noch, dass z. B. beim Kupferkies Zwillinge nach zwei Gesetzen vorkommen.

1*a*) Zwillingsaxe die Normale einer Fläche des Hauptoktaëders.

Dieses Gesetz ist bisher nur beim Kupferkies *) und Chiolith **) beobachtet worden, was von besonderem Interesse ist, da bei diesen Mineralien die Winkel des Hauptoktaëders nur wenig von denen des regulären Oktaëders abweichen. Beim Kupferkies beträgt der Winkel in den Seitenkanten 108° 40′, in den Endkanten 109° 53′, gegen 109° 28′ des regulären Oktaëders. Legt man durch den Mittelpunkt dieses Oktaëders parallel einer Oktaëderfläche eine Ebene als Zwillingsebene, wie bei dem regulären Oktaëder (Fig. 25), so ist diese Ebene ein von zweierlei Seiten begrenztes Sechseck, während sie beim regulären Oktaëder ein reguläres Sechseck ist. Zwei parallele Seiten (bei der Stellung wie Fig. 25 die horizontalen) sind parallel den Seitenkanten des Oktaëders, die vier andern paarweis parallel den Endkanten. Die Flächen des Oktaëders haben

*) A. Sadebeck, über die Krystallformen des Kupferkieses, Zeitschr. d. Deutsch. geol. Ges. 1868 S. 595.

**) v. Kokscharow, Mém. de l'Akad. Imp. des Scienc. de St. Pétersbourg, VII. Sér., Tom VIII, Nr. 8.

gegen die Zwillingsebene zweierlei Neigung, also gegen dieselbe keine rhomboëdrische Symmetrie wie im regulären System, sondern eine monokline.

Dreht man die eine Hälfte gegen die andere um 180°, so fallen nur die an der Zwillingsgrenze zusammenstossenden Seitenkanten in eine auf der Zwillingsebene senkrechte Ebene, mithin fallen auch die an der Zwillingsgrenze liegenden Flächen des 1. Prismas beider Individuen in eine Ebene, die des 1. stumpfern Oktaëders dagegen schneiden sich in einer Zwillingskante.

Die beim Kupferkies vorkommenden Zwillinge zeigen dreierlei Ausbildungsarten, es herrscht die Grundform, indem beide Tetraëder nahezu im Gleichgewicht sind, oder das 1. Tetraëder oder das erste spitzere Oktaëder.

1. Zwillinge mit herrschender Grundform.

Die Zwillingsebene ist in den meisten Fällen zugleich Zusammensetzungsfläche, so dass die Zwillinge grosse Aehnlichkeit mit denen der Blende (Fig. 31) haben. Wie bei diesen, so liegt auch hier an der Zwillingsgrenze neben einer Fläche des 1. Tetraëders des einen Individuums eine Fläche des 2. Tetraëders des andern. Die Zwillingsbildung ist häufig eine wiederholte, sowohl mit geneigten, als auch mit parallelen Zwillingsaxen, ganz ähnlich wie bei den Oktaëderzwillingen des regulären Systems (S. 49); eine Folge der Wiederholung sind eingeschaltete Zwillingslamellen.

2. Tetraëdrische Zwillinge (Fig. 71.).

Die Individuen sind auch hier mit der Zwillingsebene verwachsen, es dehnt sich aber meist das eine über das andere aus, so dass es Ineinanderwachsungszwillinge sind, ohne dass vollkommene Durchwachsungen vorkommen. Diese Zwillinge kann man am meisten mit den Tetraëderzwillingen des Fahlerzes (Fig. 58) vergleichen. Beide Individuen haben eine verschiedene krystallographische Ausbildung. Das Individuum I ist tetraëdrisch ausgebildet mit herrschendem 1. Tetraëder, bei Individuum II ist die der Zwillingsebene parallele Fläche des 1. Tetraëders stark ausgedehnt und bildet gewissermassen die Basis des ganzen Zwillings. Dieses Individuum erhält in der Richtung der Zwillingsaxe ein hemimorphes Aussehen, indem nur

nach der Zwillingsgrenze hin 4 Flächen des 1. spitzern Oktaëders auftreten, während die andern, in der Figur hintern Flächen fehlen. Die Flächen des 1. spitzern Oktaëders greifen über die Zwillingsgrenze hinaus und schliessen das tetraëdrische Individuum ein, so dass dieses gewissermassen eingekeilt erscheint. Derartige Zwillinge kommen im Siegen'schen vor, z. B. am Ramberge bei Daaden.

3. Zwillinge mit herrschendem 1. spitzern Oktaëder (Fig. 72 und 73).

Legt man durch den Mittelpunkt eines 1. spitzern Oktaëders des Kupferkieses eine Ebene parallel einer Fläche der Grundform, so erhalten die beiden Hälften ein monoklines Aussehen. Man kann die beiden Flächen, deren Kante der Zwillingsebene parallel ist, als ein verticales monoklines Prisma betrachten, die andern Oktaëderflächen sind dann Flächen eines schiefen Prismas, die Zwillingsebene selbst ist Querfläche und hat eine rhombische Gestalt. Durch Drehung um 180° in der Zwillingsebene erhält man den Zwilling, bei welchem die als schiefes Prisma gedachten Oktaëderflächen an der Zwillingsgrenze auf der einen Seite in einspringenden, auf der andern in ausspringenden Winkeln von 151° 14′ zusammentreffen. Bei vollkommen regelmässiger Ausbildung, wie Fig. 72, stossen die Oktaëderflächen, welche als Flächen des verticalen Prismas betrachtet werden, mit den andern Flächen in zwei gegenüberliegenden 6kantigen Zwillingsecken zusammen. Der Zwilling zeigt dann eine rhombische Pseudosymmetrie.

Diese Pseudosymmetrie des einfachen Zwillings wird durch wiederholte Zwillingsbildung aufgehoben. Die Wiederholung ist eine symmetrische mit geneigten Zwillingsaxen und findet in der Weise statt, dass sich an ein Individuum I nach allen 4 Flächen der Grundform, welche in einer Endecke zusammenstossen, Zwillingsindividuen anlegen (Fig. 73), wodurch ein Fünfling entsteht. Es stossen dann die Flächen des Individuums I mit denen der 4 andern Individuen unter den einspringenden Winkeln von 151° 14′ zusammen. Diese 4 Individuen stehen jedoch untereinander nicht in Zwillingsstellung, je zwei derselben grenzen aneinander und ihre Zusammensetzungsfläche entspricht immer einer Fläche des 2. Prismas des I. Individuums.

In der Zusammensetzungsfläche bilden die Flächen oben einspringende Winkel von 140° 35′.

Durch den Fünfling ist die quadratische Symmetrie gewissermassen wieder hergestellt, es erscheinen oben Oktaëderflächen, welche nach innen in der Richtung der Höhenlinien geknickt sind. Die 4 Flächen an der obern Endecke haben die Gestalt eines symmetrischen Trapezoides, die an den Seitenecken liegenden dagegen sind ungleichseitige Vierecke; dieser Unterschied in der Gestalt tritt bei den natürlichen Zwillingen weniger, als in der Zeichnung hervor. Ganz dieselbe Ausbildung würde die Zwillingsgruppe auch an dem untern Ende haben, wenn das Individuum I auch noch an diesem Ende zur Erscheinung käme, was jedoch seltener der Fall ist. Eine derartige Verwachsung würde dann annähernd die reguläre Symmetrie herstellen, die Form würde aussehen wie ein in der Richtung der kürzern Kanten eines Ikositetraëders eingeknicktes Oktaëder, also wie ein Ikositetraëder, dessen kürzere Kanten als einspringende Winkel erscheinen.

Diese Art der Zwillingsverwachsung kommt häufig beim Kupferkies von Neudorf am Harz vor; die Zwillingsgruppen sind dadurch noch complicirter, dass vielfach zwischen je zwei in Zwillingsstellung befindlichen Individuen mehr oder minder dicke Zwillingslamellen nach dem Gesetze der parallelen Wiederholung eingeschaltet sind. Auf diese Weise treten die einspringenden Winkel weniger hervor, man erkennt jedoch die Zwillingsgrenzen leicht daran, dass die Streifen des Oktaëders, welche den Seitenkanten parallel gehen, an den Zwillingsgrenzen federartig zusammenstossen.

1*b*) Zwillingsaxe die Normale einer Fläche des 1. stumpfern Oktaëders.

Dieses Gesetz kommt beim quadratischen System am häufigsten vor und ist in seiner Erscheinungsweise zunächst verschieden, je nachdem die Grundform stumpfer oder spitzer als das reguläre Oktaëder ist. Stellt man das eine Individuum so, dass das andere rechts unten zwillingsartig angefügt ist, so liegen die einspringenden Winkel rechts oben, die ausspringenden links unten, wenn das Oktaëder ein spitzes ist (Fig. 72), ist das Oktaëder dagegen ein stumpfes, so ist das Umgekehrte der Fall; beim regulären Oktaëder würden die Flächen beider Individuen

zusammenfallen, also kein Zwilling entstehen. Zwillinge mit spitzem Oktaëder als Hauptoktaëder zeigt der Hausmannit, dessen einfache Zwillinge genau der Fig. 72 des Kupferkieses entsprechen und bei welchem dieselben Fünflinge vorkommen, wie sie Fig. 73 beim Kupferkies darstellt.

Zwillinge, bei welchen die Grundform ein stumpfes Oktaëder ist, zeigt in besonderer Schönheit der Zinnstein (Fig. 74). Die Zwillinge haben ein verschiedenes Aussehen, je nachdem das Prisma mehr oder minder stark ausgebildet ist. Die Fig. 74, bei welcher die Individuen die El. I Fig. 106 dargestellte Combination des Hauptoktaëders, 1. stumpfern Oktaëders, 1. und 2. Prismas haben, lässt links unten den einspringenden Winkel der Flächen der Grundform und des 1. stumpfern Oktaëders erkennen, welcher schon längst den Bergleuten aufgefallen war und diesen Zinnsteinzwillingen den Namen Visirgraupen verschaffte; ferner rechts oben einen einspringenden Winkel der Flächen des 2. Prismas, welcher in der Natur jedoch seltener zur Erscheinung kommt. Die andern Flächen des 2. Prismas stehen auf der Zwillingsebene senkrecht, fallen mithin bei beiden Individuen in eine Ebene. Der einspringende Winkel der Grundform tritt besonders bei Krystallen von Schlaggenwald hervor, bei welchen das Prisma sehr zurücktritt. Andererseits ist er aber bei manchen Zwillingen von Obergraupen dadurch verdeckt, dass die beiden Individuen keine vollkommen gleiche Ausbildung haben, so dass verschiedene Flächen an der Zwillingsgrenze zusammentreffen. An der Stelle, wo bei der regelmässigen Ausbildung die Oktaëderflächen die einspringenden Winkel bilden, grenzt an die Fläche des 1. stumpfern Oktaëders vom Individuum I direkt die Fläche des 2. Prismas des II. Individuums und diese Flächen stossen dann unter einem sehr stumpfen ausspringenden Winkel von 168° 3′ zusammen.

Herrscht bei beiden Individuen das Prisma vor und kommen an der Zwillingsgrenze gar keine Oktaëderflächen zur Erscheinung, so entstehen knieförmige Zwillinge, wie sie besonders beim Rutil häufig sind, vergl. Fig. 75, Individuum I und II.

Wiederholte Zwillingsbildung.

Die wiederholte Zwillingsbildung zeigt zunächst zwei wesentliche Verschiedenheiten, je nachdem die Zwillingsebenen parallel oder geneigt sind.

a) Wiederholung mit parallelen Zwillingsebenen.

Bei dieser Wiederholung hat in ähnlicher Weise, wie es schon im regulären System bei der wiederholten Zwillingsbildung der Oktaëder beschrieben ist, Individuum III dieselbe Lage, wie Individuum I, IV wie II und so fort. Die innern stehen dann in Bezug auf die Grösse den äussern meist nach.

b) Wiederholung mit geneigten Zwillingsebenen.

Hierbei lassen sich folgende Fälle unterscheiden:

1. Symmetrische Wiederholung. Diese Art der Wiederholung entspricht dem Fig. 73 gezeichneten Fünfling. Beim Zinnstein kommt die Verwachsung von 9 Individuen *) vor, indem sich an ein centrales Individuum nach allen 8 Flächen des 1. stumpfern Oktaëders als Zwillingsebenen Zwillingsindividuen anlegen, wobei das centrale Individuum gewöhnlich auch vorherrschend ausgebildet ist. Eine derartige Gruppe kann man jedoch nicht als Neunling bezeichnen, da die einzelnen Individuen nur fünferlei Lage haben; je zwei der an dem Centralindividuum anliegenden Individuen sind parallel, gehören also einem Individuum an, welches das Centralindividuum durchkreuzt, so dass die Gruppe einen Durchwachsungsfünfling darstellt.

2. Kreisförmige Wiederholung. Diese kommt ausgezeichnet beim Rutil vor und besteht darin, dass sich Individuum III gegen II aber nicht gegen I in Zwillingsstellung befindet; weiter IV gegen III, aber nicht gegen II (Fig. 75 und 77). Diese beiden Figuren stellen zwei verschiedene Fälle **) dar, bei Fig. 77 liegen die Hauptaxen sämmtlicher Individuen in einer Ebene, bei Fig. 75 bilden die Hauptaxen Zickzacklinien.

Im 1. Fall schliessen 6 Individuen den Kreis. Das 2. Prisma ist vorherrschend entwickelt; die einen Flächen desselben fallen in eine Ebene, die andern bilden an der Zwillings-

---

*) Naumann, Lehrbuch der reinen und angewandten Krystallogr., Leipzig 1830, Fig. 670.

**) G. Rose, Ueber eine neue kreisförmige Verwachsung des Rutils, Poggend. Ann. 115 S. 643.

grenze Winkel von 114° 25′, nur bei Individuum I und VI beträgt der Winkel 147° 55′, es begrenzen sich also dieselben nicht zwillingsartig, was nur dann der Fall sein könnte, wenn die Hauptaxen beim Zwilling 120° bildeten. Die Zwillingsgruppe zeigt eine hexagonale Pseudosymmetrie, die der Ebene aller Hauptaxen parallelen Flächen des 2. Prismas erscheinen als Endfläche, die andern als verticales Prisma und die Flächen des 1. Prismas als Hexagondodekaëder.

Im 2. Fall entsteht beim Rutil von Graves Mount in Georgia V. St. N. A. ein Achtling (Fig. 76), welcher wie ein quadratisches Skalenoëder mit abgestumpften Seitenkanten aussieht. Diese Abstumpfungsflächen bilden ein achtseitiges Prisma, dessen Combinationskanten im Zickzack abwechselnd auf- und niedersteigen. Die Zuspitzungsflächen *a* (die des scheinbaren Skalenoëders) sind an dem einen Ende dieses Prismas auf den einen, an dem andern auf den andern abwechselnden Kanten aufgesetzt. Die verticalen Flächen *g* sind die Flächen des 1. Prismas, die Zuspitzungsflächen *a* gehören dem 2. Prisma an. Jedes Individuum zeigt nur 3 Flächen, 2 des 2. und eine des 1. Prismas. Die Flächen des 2. Prismas jedes Individuums fallen an jedem Ende an der einen Seite mit einer Fläche des andern Individuums in eine Ebene, an der andern Seite bilden sie eine Zwillingskante. Diese Zwillingskanten sind die Endkanten des scheinbaren Skalenoëders. Die Art und Weise, wie der Achtling entsteht, erkennt man an dem Drilling (Fig. 75), an welchem man sich kreisförmig in derselben Weise, wie es durch die Individuen I, II, III, angegeben, nach hinten noch 5 Individuen angelegt denken muss, das Individuum VIII kommt dann neben I zu liegen, steht aber zu demselben nicht in Zwillingsstellung; die Flächen des 2. Prismas sind nach oben und nach unten so weit ausgedehnt, dass sie sich in Ecken schneiden.

Die Zwillingswinkel je zweier Flächen des 1. Prismas betragen 134° 58′, so dass der Winkel zwischen I und VIII 135° 14′ misst und Individuum VIII zu I nahezu in Zwillingsstellung steht. Da die Winkel nicht genau 135° betragen, wie es beim regelmässigen Achteck der Fall ist, ist die quadratische Symmetrie nur annähernd erreicht. Die Flächen des scheinbaren Skalenoëders bilden Kanten von 114° 25′, das ist der Winkel, unter welchem zwei in der Hauptaxe einander gegenüberliegende

Flächen des 1. stumpfern Oktaëders zusammenstossen. Da die Endkanten sämmtlich gleiche Winkel haben, so stellen die Flächen des 2. Prisma ein quadratisches Skalenoëder nur der Lage der Flächen nach dar, beim wirklichen Skalenoëder müssten die Endkantenwinkel zweierlei sein. Der Umstand, dass Individuum VIII und I nur annähernd in Zwillingsstellung stehen, bewirkt, dass die obern Flächen des 2. Prismas dieser beiden Individuen nicht genau in eine Ebene fallen; sie bilden einen schwach einspringenden Winkel von 179° 48′.

1*c*) Zwillingsaxe die Normale einer Fläche des 1. spitzern Oktaëders (Fig. 78 und 79).

Dieses Gesetz kommt beim Leucit *) vor, die Zwillingsebene ist auch hier Zusammensetzungsfläche, die Hauptaxen schneiden sich in der Zwillingsebene unter 87° 3′ 28″. Die Zwillinge gleichen in Bezug auf allgemeine Configuration den einfachen Krystallen, von denen sie sich nur durch die einspringenden Winkel unterscheiden, eine Verkürzung in der Richtung der Zwillingsaxe kommt nie vor. Fig. 78 stellt einen Zwilling dar, bei welchem Individuum I etwas grösser ist als Individuum II, die Flächen des Dioktaëders *n* und Oktaëders $\underline{o}$ bilden oben einen einspringenden Winkel von 175° 8′ 33″, unten $\underline{n}$ und *o* denselben ausspringenden Winkel; die beiden *n* Flächen, über welche die Grenze in der Richtung einer nicht symmetrischen Diagonale läuft, fallen in eine Ebene.

Theilt die Zwillingsebene den Krystall symmetrisch (man denke sich an der Figur die Zwillingsebene nach oben bis an die Kante *n*/*o* gerückt), so begegnen sich oben die Flächen *o* und $\underline{o}$ unter einem Winkel von 151° 28′ 20″, die *n* und $\underline{n}$ am untern Ende unter 141° 45′ 26″, während die annähernd in der Richtung einer symmetrischen Diagonale laufende Zwillingskante *n* und $\underline{n}$ = 176° 39′ 38″ oben ein- unten ausspringend ist.

Denkt man sich die Zwillingsebene nach unten gerückt, so dass sie nur durch zwei Flächen $\underline{o}$ und $\underline{n}$ des II. Individuums geht, so misst die Zwillingskante *n*/$\underline{o}$ 179° 9′ 47″ oben ein- unten ausspringend.

Häufig ist wiederholte Zwillingsbildung, zunächst parallele

*) G. vom Rath, Poggend. Ann. Erg. B. VI, S. 191.

Wiederholung, welche sich durch eingeschaltete Zwillingslamellen kenntlich macht, die unter einander parallel laufen. Zugleich tritt meist Wiederholung mit geneigten Zwillingsebenen ein, so dass jede der Flächen des 1. spitzern Oktaëders als Zwillingsebene dient, die Verwachsung also einen Fünfling darstellt und in ein herrschendes Individuum 4 verschiedene Lamellensysteme eingeschaltet sein können.

Auf den Oktaëderflächen sind 3 Streifenrichtungen möglich, nach den beiden Combinationskanten mit dem Dioktaëder und in der Richtung der Combinationskante mit dem 1. spitzern Oktaëder, die letztere Richtung entspricht 2 verschiedenen Systemen von Zwillingslamellen. Auf den Dioktaëderflächen können nur 2 Streifenrichtungen vorkommen, nämlich parallel der Combinationskante mit dem Oktaëder und parallel der fast symmetrischen Diagonale. Es schneiden zwei Lamellensysteme die betreffende Dioktaëderfläche in parallelen Kanten, parallel der fast symmetrischen Diagonale; das 3. System erzeugt eine Streifung parallel der Combinationskante n/o; das 4. System kann nicht zur Erscheinung kommen, weil die betreffenden Flächen vollkommen in ein Niveau fallen. Deshalb endigen die Linien auf der Fläche n^2 plötzlich an der Dioktaëderkante und setzen nicht auf n^6 fort (Fig. 79).

Den scheinbar regulären Habitus bewahrt der Leucit auch bei den Zwillingen.

2. Gesetz.

Dies Gesetz würde bei holoëdrischen Krystallen keine Zwillinge geben können, da nach der Drehung in einer Nebenaxe die Flächen des einen Individuums mit sämmtlichen entsprechenden des andern zusammenfallen müssten, ganz in ähnlicher Weise, wie es im regulären System der Fall ist, wenn eine Grundaxe oder prismatische Axe Drehungsaxe ist. Dagegen geben hemiëdrische Formen nach diesem Gesetz Zwillinge, sowohl geneigt- wie parallelflächige.

a) Zwillinge von geneigtflächig hemiëdrischen Krystallen.

Die Seltenheit dieser Zwillinge im quadratischen System erklärt sich leicht daraus, dass tetraëdrische Formen im quadratischen System selten sind und nur auf ein häufigeres Mineral, den Kupferkies beschränkt. Ein Tetraëder des Kupferkieses,

parallel einer Fläche des 1. Prismas durchschnitten und um 180° in der auf der Schnittfläche senkrechten 2. Nebenaxe als Zwillingsaxe gedreht, wird der Fig. 62 entsprechen und bei Durchdringung der Individuen Fig. 63. Während aber bei letzterer Figur immer je zwei Tetraëderkanten der beiden Individuen auf einander senkrecht stehen, so ist das hier nur bei den an den Endpunkten der Hauptaxe liegenden Kanten der Fall, die seitlichen Kanten müssen sich schiefwinklig schneiden. Derartige Zwillinge beim Kupferkies sind äusserst selten.

b) **Zwillinge von parallelflächig hemiëdrischen Krystallen.**

Diese Zwillinge finden sich ausgezeichnet und mannigfaltig beim Scheelit *), sowohl Aneinander- wie Durchwachsungszwillinge. Die Horizontalprojektion (Fig. 80) zeigt das gegenseitige Verhalten von zwei in Zwillingsstellung sich befindenden Individuen. Die Flächen der Oktaëder in Zwischenstellung haben hier bei beiden Individuen eine umgekehrte Lage, wo bei dem einen Individuum das linke *h'* liegt, liegt bei dem andern das rechte *i*. Denkt man sich die beiden Individuen übereinander geschoben, so ist von jedem Oktaëder in Zwischenstellung die volle Flächenzahl vorhanden und bei vollkommen regelmässiger Durchdringung muss jedes dieser Oktaëder als Dioktaëder erscheinen.

Nach der Art der Verwachsung empfiehlt es sich eine Seitenkante des Oktaëders *d* als Zwillingsaxe anzunehmen, das ist eine 1. Nebenaxe, wenn man als Grundform das spitzere Oktaëder (*o*) auffasst. Setzt man das 1. stumpfere Oktaëder *d* als Grundform, welches dem regulären Oktaëder nahe steht, so wäre eine 2. Nebenaxe Zwillingsaxe und das Gesetz stimmt dann mit dem der geneigtflächig hemiëdrischen Formen überein.

1. Aneinanderwachsungs-Zwillinge (Fig. 81).

Fig. 81 stellt den einfachsten Fall dar, dass die Zwillingsebene zugleich die Zusammensetzungsfläche ist und die beiden Hälften gleich gross sind. Es erscheinen an den Flächen des 1. stumpfern Oktaëders *d*, welche durch die Zwillingsebene halbirt werden, die Flächen der Oktaëder in der Zwischenstel-

---

*) M. Bauer, krystallogr. Unters. d. Scheelit, Würtemb. Naturh. Jahreshefte 1871.

lung vollzählig wie Dioktaëderflächen, und zwar bei der Figur vorn die Flächen *h*, hinten *i*; an den 4 andern Oktaëderflächen erscheint die gewöhnliche Hemiëdrie. Es wird also durch diese Art der Zwillingsbildung die Holoëdrie nur an 4 Flächen des 1. stumpfern Oktaëders hergestellt und zwar auf doppelte Art, an dem einen Paar durch die Flächen *h*, an dem andern durch *i*. Einspringende Winkel können theoretisch sowohl durch die Flächen *i*, wie *o* und *h* gebildet werden und zwar müssen dieselben an den gegenüberliegenden Seiten verschieden sein, wie man leicht aus der Betrachtung der Horizontalprojection (Fig. 80) ersehen kann.

Die natürlichen Krystalle zeigen jedoch nur auf der einen Seite einspringende Winkel von 143° 45′, gebildet von den Flächen *i*. Der Verlauf der Zwillingsgrenze ist nicht immer ein so regelmässiger, wie bei Fig. 81, dieselbe kann auch über zwei anliegende Flächen *d* verlaufen, wodurch dann nur eine Ecke zwillingsartig angelegt ist.

Die Zusammensetzungsfläche kann auch senkrecht auf der Zwillingsebene stehen, also der geraden Endfläche entsprechen, und schliesslich ganz unregelmässig sein, so dass in einem Krystall nur ein Zwillingsstück eingesetzt erscheint, der Zwilling also ein Ineinanderwachsungszwilling ist.

2. Durchwachsungszwillinge (Fig. 82).

Fig. 82 stellt den einfachsten Fall dar, demzufolge sich zwei Individuen in der Art durchdringen, dass die Zusammensetzungsflächen den Flächen des 2. Prismas entsprechen. Auf diese Weise wird eine der holoëdrischen Symmetrie noch ähnlichere dargestellt, als bei den Aneinanderwachsungszwillingen, indem die Flächen der Oktaëder in Zwischenstellung an 4 Flächen des stumpfern Oktaëders vollflächig erscheinen, bei der Figur die Flächen *h* an den vordern und hintern, die Flächen *i* an den rechten und linken. Auch hier können die Flächen *i* an den Zwillingsgrenzen einspringende Winkel bilden. Gehen die Zwillingsgrenzen sowohl nach den Flächen des 2. als auch des 1. Prismas, so erscheint der Krystall in 8 Theile getheilt und die quadratische Symmetrie ist vollkommen holoëdrisch hergestellt, die Flächen *i* können dann an allen Zwillingsgrenzen einspringende Winkel bilden.

3. Doppelzwillinge.

Als Doppelzwillinge muss man alle Zwillinge des Kupferkieses *) auffassen, bei denen die Normale einer Fläche des 1. stumpfern Oktaëders Zwillingsaxe ist. Die Individuen sind mit einer Fläche des 1. stumpfern Oktaëders verwachsen und an der Zwillingsgrenze liegen Tetraëderflächen gleicher Stellung nebeneinander. Diesen Zwilling kann man nur erhalten, wenn man sich das eine Individuum gegen das andere in einer 2. Nebenaxe und der Normale einer Fläche des 1. stumpfern Oktaëders um 180° gedreht denkt.

Allgemeine Betrachtungen über die Zwillinge des quadratischen Systems.

Vergleicht man die häufigsten Zwillingsaxen des quadratischen Systems mit denen des regulären, so erkennt man, dass die Gesetze in beiden Systemen eine auffallende Aehnlichkeit haben. Das beim regulären System häufigste Gesetz ist im quadratischen System beim Kupferkies vorhanden, gerade bei dem Mineral, bei welchem die Winkel der Grundform dem regulären Oktaëder sehr nahe stehen. Das Gesetz des regulären Systems, Zwillingsaxe eine prismatische Zwischenaxe, zerfällt hier in zwei Gesetze, Zwillingsaxe die Normale auf einer Fläche des 1. stumpfern Oktaëders oder eine Nebenaxe. Während nun im regulären System nach diesem Gesetz nur hemiëdrische Krystalle Zwillinge bilden konnten, so gilt diese Beschränkung im quadratischen System nur für den Fall, dass eine Nebenaxe Zwillingsaxe ist. Auch das Gesetz des Leucit kann man in einfache Beziehung zu dem regulären Gesetz bringen, da das 1. spitzere Oktaëder in den Winkeln nahe mit dem Dodekaëder übereinstimmt und wegen der quadratischen Symmetrie entstehen hier nach diesem Gesetz, gerade so, wie bei dem Gesetz nach dem 1. stumpfern Oktaëder schon Zwillinge bei holoëdrischer Entwickelung.

Die durch die Zwillingsbildung erzeugten Resultate sind, wie im regulären System, Herstellung von Pseudosymmetrieen und Herstellung der holoëdrischen Erscheinungsweise bei hemiëdrischen Krystallen. Die Pseudosymmetrieen beziehen sich hier auf

*) A. Sadebeck, Kupferkies a. a. O. S. 71.

das reguläre, quadratische, hexagonale und rhombische System. Bei einfacher Zwillingsbildung nach einer Oktaëderfläche kann nur rhombische Symmetrie erzeugt werden, erst durch wiederholte Zwillingsbildung entstehen einfachere Symmetrieen. Deshalb spielen auch die wiederholten Zwillingsbildungen hier eine wichtige Rolle, wie die Zwillinge des Kupferkieses, Hausmannits, Zinnsteins und besonders des Rutils beweisen.

III. Zwillinge des hexagonalen Systems.

Zwillingsbildungen kommen sowohl bei den holoëdrischen wie hemiëdrischen Krystallreihen dieses Systems vor, sind jedoch bei den letztern, welche auch als einfache Krystallformen mehr Mannigfaltigkeit zeigen, verbreiteter, als bei den holoëdrischen.

A) Zwillingsbildungen holoëdrischer Krystalle.

Es sind nur Zwillinge nach dem Gesetz bekannt, demzufolge die Normale einer Hexagondodekaëderfläche Zwillingsaxe ist, Beispiele liefern der Tridymit und das Zinkoxyd.

1) Tridymit-Zwillinge.*) Beim Tridymit kommen Zwillinge nach 2 Gesetzen vor, Zwillingsebene eine Fläche des Hexagondodekaëders $^1/_6 p$ $(a : \infty a : a : {}^1/_6 c)$ oder $^3/_4 p$ $(a : \infty a : a : {}^3/_4 c)$, von welchen beiden Gesetzen das 1. das häufigere ist.

1. Gesetz (Fig. 83—85).

Die nach diesem Gesetz verbundenen Individuen zeigen die Grundform p mit 124° 42′ Seitenkantenwinkel und 127° 25½′ Endkantenwinkel; welche Form als schmale Abstumpfung zwischen der herrschenden Basis c und dem 1. hexagonalen Prisma g erscheint; als schmale Fläche tritt noch das 2. hexagonale Prisma a hinzu. Das Hexagondodekaëder, welchem die Zwillingsebene angehört, kommt nie vor. Die Zwillingsebene ist auch Zusammensetzungsfläche. Fig. 83 stellt einen Zwilling von zwei gleichen Hälften dar, bei welchem das obere Individuum sich in normaler Stellung befindet; die Zwillingswinkel sind folgende: $g/\underline{g}$ = 162° 34′, rechts und links;
= 144° 42′ in der Mitte, das heisst
für die Prismenflächen, auf welchen die Zwillingsebene gerade aufgesetzt ist; $c/\underline{c}$ = 35° 18′.

*) G. vom Rath, Poggend. Ann. B. 135 S. 437 und B. 152 S. 1.

Besonders häufig sind Drillinge, worauf sich auch der Name Tridymit bezieht. Es sind theils Aneinanderwachsungs- theils Durchwachsungsdrillinge. Betrachtet man bei Fig. 85 nur den rechten oder linken Theil der Figur, so sieht man einen Aneinanderwachsungsdrilling; die Flächen c^{II}/c^{III} bilden einen Winkel von 70° 36′, die Prismenflächen g^{II} und g^{III}, welche mit den Zwillingsebenen in einer Zone liegen 109° 24′, die andern (in der Figur die vordern) 146° 24′ 30″.

Diese Winkel erinnern in auffallender Weise an das reguläre System, der erste an den Tetraëderwinkel, der zweite an den Oktaëderwinkel, der dritte an den Winkel der Kanten des Ikositetraëders $(a : a : {}^1/_2 a)$, welche an den rhomboëdrischen Axen liegen.

Bei den Krystallen bleibt häufig das mittlere Individuum gegen die beiden seitlichen in der Entwickelung zurück; diese ragen wie zwei Flügel hervor und das mittlere ist mitunter nur noch mit der Loupe zu erkennen.

Bei fortgesetzter kreisförmiger Verwachsung könnten sich 11 Individuen aneinanderlegen, die Endflächen der Individuen I und XI würden dann einen einspringenden Winkel von 7° bilden; es sind bis jetzt jedoch höchstens Vierlinge beobachtet worden.

Einen einfachen Durchwachsungszwilling stellt Fig. 84 dar, eine Projection auf die vorn liegenden kleinen Flächen des 2. Prismas a; die Flächen c und $\underline{c}$ bilden hier einen einspringenden Winkel von 144° 42′. Gewöhnlich tritt ein drittes Individuum hinzu und es entsteht ein Durchwachsungsdrilling wie Fig. 85, die Flächen c^{II} und c^{III} bilden dann einen Winkel von 109° 24′, es ist mithin noch Raum für drei Individuen vorhanden. Es würden also Durchwachsungssechslinge denkbar sein, bei denen die Basen einen einspringenden Winkel von 3° 30′ offen lassen.

Auch bei den Durchkreuzungsdrillingen ist die Ausbildung nicht immer eine so regelmässige, wie sie die Figur zeigt, die Individuen können verschiedenartig parallel gegeneinander verschoben sein.

2. Gesetz.

Bei zwei nach dem 1. Gesetz durcheinandergewachsenen Tafeln, deren Endflächen nicht nur einen stumpfen Winkel bil-

den, sondern wie bei Fig. 84 die gestrichelten Linien rechts und links andeuten, auch einen spitzen einspringenden, ist die Halbirungsebene des spitzen Winkels die Zwillingsebene.

Bei den Zwillingen nach dem 2. Gesetz dagegen ist die Halbirungsebene des stumpfen Winkels der Basen die Zwillingsebene, dieser Winkel beträgt hier 110° 8′; die Halbirungsebene des spitzen Winkels hat keinen krystallonomischen Ausdruck. Dieser Winkel von 110° 8′ weicht nur wenig ab von dem Winkel 109° 24′, welchen die Flächen c^{II} und c^{III} beim Drilling nach dem 1. Gesetz bilden, es haben also bei Fig. 85 Individuum II und III gegen einander fast dieselbe Lage, wie Individuum I und II beim Zwilling nach dem 2. Gesetz.

Dies Verhalten tritt besonders bei den Doppelzwillingen nach beiden Gesetzen vor Augen. Diese kommen in folgender Weise vor (Fig. 256). Zwischen 2 nach dem 2. Gesetz verbundene Individuen (bei der Figur die beiden äussern) schieben sich in den spitzen Winkel der Basen zwei Individuen nach dem 1. Gesetz ein und zwar zwillingsartig an jedes der äussern beiden Individuen. Die beiden innern Individuen bilden dann innen einen Basiswinkel von 0° 44′, die Basen also einen keilförmigen Hohlraum, welcher sich nach innen erweitert. Auf diese Weise erklärt sich leicht die Furche oder Spalte, welche sehr häufig bei den Drillingen des Tridymits das mittlere Individuum zeigt; dieselbe wird gebildet von den beiden äussern Prismenflächen, welche einen einspringenden Winkel von 179° 16′ einschliessen.

Ist bei den Doppelzwillingen nur das eine der beiden innern Individuen entwickelt und dieses noch dazu, wie auch das Mittelindividuum bei den Drillingen nach dem 1. Gesetz verkümmert, so ist es schwer zu entscheiden, ob man es mit einem Doppelzwilling oder einem Drilling nach dem 1. Gesetz zu thun hat.

Die Erscheinung, dass bei einem und demselben Mineral bei wiederholter Zwillingsbildung Individuen nach einem Gesetz nahezu dieselbe Lage haben können, wie nach einem andern, wird auch bei später abzuhandelnden Zwillingsbildungen hervortreten.

Der Umstand, dass durch die Zwillingsbildung Endflächen

nahezu dieselbe Neigung haben, wie reguläre Tetraëder, tritt noch besonders bei complicirten Zwillingsverwachsungen des Tridymits hervor, bei denen 3, auch 4 Endflächen gegeneinander nahezu die Lage von Tetraëderflächen haben. Es wird also hier durch die Zwillingsbildung eine Annäherung an die reguläre Symmetrie angebahnt, ganz in ähnlicher Weise wie umgekehrt im regulären System eine hexagonale Symmetrie.

2) Zinkoxydzwillinge. *) Zwillingsaxe ist die Normale einer Fläche des Hexagondodekaëders ($^9/_8 a : {}^9/_8 a : \infty a : c$), Zusammensetzungsfläche senkrecht darauf.

B) Zwillingsbildungen rhomboëdrischer Krystalle.

In den rein rhomboëdrischen Krystallreihen kommen Zwillinge nach 2 Gesetzen vor, Zwillingsaxe die Normale einer Rhomboëderfläche oder die Hauptaxe.

1. Gesetz.

Das Rhomboëder, dessen Flächennormale Zwillingsaxe ist, kann sowohl 1. als 2. Stellung sein, im Allgemeinen ist das letztere der häufigere Fall. Für die Erscheinungsweise und Ausbildung des Zwillings kommt es jedoch zunächst nicht auf die Stellung zur Grundform an, sondern es handelt sich hauptsächlich um die Stellung des Rhomboëders, dessen Flächennormale die Zwillingsaxe ist, zu der herrschenden Form.

a) Die Zwillingsebene ist gleicher Stellung mit dem herrschenden Rhomboëder oder Skalenoëder.

Fig. 86 stellt den einfachsten Fall dar, dass die Zwillingsebene dem herrschenden Rhomboëder angehört und zugleich Zusammensetzungsfläche ist. Das Rhomboëder ist durch die Zwillingsebene in 2 Hälften getheilt, welche eine monokline Pseudosymmetrie haben. Stellt man die Rhomboëderfläche, welche der Zwillingsebene entspricht mit ihrer schiefen Diagonale vertical als Querfläche, so entsprechen die andern Rhomboëderflächen einem schiefen Prisma.

Diese Rhomboëderflächen bilden am Zwilling auf der einen Seite einspringende, auf der andern ausspringende Zwillingswinkel. Auf diese Weise ist die monokline Pseudosymmetrie aufgehoben, indem gegen die Zwillingsebene vorn gleich hinten

*) G. v. Rath, Poggend. Ann. B. 144 S. 580.

ist; sie ist ersetzt durch die höhere rhombische Symmetrie. Diese tritt besonders auf der Seite hervor, an welcher die ausspringende Zwillingsecke liegt, in dieser Ecke bilden die Rhomboëderflächen der beiden Individuen Flächen eines Rhombenoktaëders.

Derartige Zwillinge kommen als Seltenheit beim Kalkspath vor, die Hauptaxen der beiden Individuen machen einen nahezu rechten Winkel, 89° 8'. Deshalb lassen sich Zwillinge nach diesem Gesetz, deren Individuen vom 1. Prisma und Endfläche begrenzt sind, leicht erkennen, es bilden die beiden Individuen ein nahezu rechtwinkliges Knie (Fig. 87). Da das Hauptrhomboëder beim Kalkspath das Spaltungsrhomboëder ist, so ist dadurch ein weiteres Mittel zur Erkennung der Zwillinge gegeben, zwei nach diesem Gesetz verbundene Individuen müssen eine Spaltungsrichtung gemeinsam haben.

Am schönsten ist dies Gesetz bei Skalenoëdern z $(a : \frac{1}{2} a : \frac{1}{3} a : c)$ aus Derbyshire entwickelt; Fig. 88 stellt mit den ganz ausgezogenen Linien zwei mit der Zwillingsebene verwachsene Skalenoëderhälften dar.

Die Zwillingsebene erscheint als ein Achteck, welches in Bezug auf die schiefe Diagonale der ihr parallelen Rhomboëderfläche symmetrisch ist. An dem einen Ende dieser Diagonale liegt eine einspringende Zwillingsecke, gebildet von zwei einspringenden Kanten, an dem andern Ende eine ausspringende Ecke. Die Krystalle *) selbst haben selten die Gestalt der theoretischen Figur, sondern zeigen eine eigenthümliche Ausbildung, durch welche rhombische Pseudosymmetrie deutlich hervortritt. Es dehnen sich nämlich die vier Skalenoëderflächen, welche an die, die einspringende Ecke bildenden, angrenzen, bis zum Verschwinden dieser Ecke aus und bilden auf diese Weise selbst eine neue ausspringende Zwillingsecke, welche in der Figur durch gestrichelte Linien angegeben ist.

Dies ist wieder ein interessantes Beispiel, wie bei der Zwillingsbildung die beiden Individuen sich nach der Zwillingsgrenze hin besonders ausdehnen und wie die Symmetrie des betreffenden Systems der Einzelindividuen gegen die durch die Zwillingsbildung erzeugte Symmetrie zurücktritt.

---

*) Weiss, Abh. der Kgl. Akad. d. Wissensch. in Berlin 1829.

b) Die Zwillingsebene hat eine andere Stellung als das herrschende Rhomboëder oder Skalenoëder.

1. Zwillingsebene zugleich Zusammensetzungsfläche. Die hierher gehörigen Zwillinge des Kalkspaths sind zweierlei, Zwillingsaxe die Normale einer Fläche des 1. stumpfern Rhomboëders und 1. spitzern Rhomboëders.

1a) Kalkspathzwillinge nach dem Gesetz, Zwillingsaxe die Normale einer Fläche des 1. stumpfern Rhomboëders.

Dies Gesetz kommt besonders bei den Spaltungsrhomboëdern von 105° 5′ vor; Fig. 89 stellt einen einfachen Zwilling dar. Durch die Zwillingsebene erhält der Krystall eine monokline Pseudosymmetrie, welche am besten hervortritt, wenn man die Zwillingsebene nach der Combinationskante mit dem Hauptrhomboëder vertical stellt, sie erscheint dann als Querfläche, die beiden Rhomboëderflächen, welche sie abstumpft, sind die Flächen eines verticalen Prismas, und die 3. Rhomboëderfläche die schiefe Endfläche. Bei zwei in Zwillingsstellung befindlichen Hälften eines Individuums bilden dann die scheinbaren schiefen Endflächen auf der einen Seite einen einspringenden Winkel, auf der andern einen ausspringenden von 141° 46′, die andern Rhomboëderflächen des einen Individuums sind mit denen des andern parallel. Es entsteht somit auch hier durch die Zwillingsbildung rhombische Pseudosymmetrie.

Diese Verwachsung wiederholt sich nun beim Kalkspath mit parallelen Zwillingsebenen, an das II. Individuum legt sich ein III., an das III. ein IV. und so fort; das III. Individuum hat dann dieselbe Lage wie das I., das IV. wie das II. und so haben die abwechselnden Individuen immer dieselbe Lage. Bei den häufigen Wiederholungen erscheinen die Individuen tafelartig nach den Zwillingsebenen.

Sind die dünn tafelartigen Individuen gleich dick, so hat die ganze Gruppe das Ansehen von einem rhombischen Prisma mit scheinbar gerader Endfläche, die nach der langen Diagonale gestreift ist, indem die Zwillingskanten in eine Ebene fallen. Gewöhnlich herrschen indess die Individuen der einen Lage vor, sie werden dicker, als die der andern, die letztern erscheinen dann nur als zwillingsartig eingeschaltete Lamellen und die Gruppe hat das Ansehen eines Rhomboëders, das auf zwei parallelen Flächen nach den horizontalen Diagonalen mehr

minder fein gestreift ist. Solche Zwillingslamellen stellen sich nun auch öfter parallel einer andern Endkante ein, sie finden sich in ähnlicher Zahl und Dicke, wie die parallel der 1. Endkante.

Die beiderlei Lamellen durchsetzen sich gegenseitig und die Gruppe erscheint dann als ein Rhomboëder, das nicht bloss auf zwei parallelen Flächen, sondern auf noch zwei andern parallelen nach den horizontalen Diagonalen gestreift ist. Zuweilen erscheinen auch Lamellen nach der dritten Endkante, aber diese sind dann gewöhnlich nicht so zahlreich und mehr vereinzelt. Durch diese Lamellen wird die Durchsichtigkeit des Kalkspaths verringert. Nach den Lamellen findet auch zuweilen eine deutliche Absonderung statt, was man früher für eine Spaltbarkeit nach dem 1. stumpfern Rhomboëder hielt. Diese Absonderungsflächen bilden mit der Rhomboëderfläche, welche sie in der horizontalen Diagonale schneiden, Winkel von 109° 7' oder 70° 53'.

Bei dem Isländischen Doppelspath kommen sehr dünne Lamellen vor, die im Innern durch das auf ihnen erscheinende bunte Farbenspiel erkannt werden, welches man sieht, wenn man die Lichtstrahlen in sehr schräger Richtung auf die horizontal gehaltenen Zwillingslamellen fallen lässt. Derartige Lamellen setzen öfter nicht durch das ganze Individuum hindurch, sondern hören im Innern auf.

Auch bei Krystallen von Andreasberg, Combinationen des 1. Prismas mit der geraden Endfläche, kommen Streifen vor, welche von nach diesem Gesetz eingeschalteten Zwillingslamellen herrühren.

Treffen sich Zwillingslamellen, so entstehen im Innern hohle Canäle.*)

1) Canäle, die der horizontalen Diagonale einer der Flächen des Hauptrhomboëders parallel gehen. (Fig. 91.)

Diese Canäle entstehen immer da, wo eine Zwillingslamelle sich von der einen Rhomboëderfläche, welche sie in horizontalen Kanten schneidet, nicht bis zu der ihr parallelen fortsetzt, sondern vorher aufhört, aber eine andere ihr parallele in einer geringern Entfernung von der parallelen Endkante da anfängt,

---

*) G. Rose, Abh. der Kgl. Akad. der Wissensch. in Berlin 1868 S. 57.

wo die erstere aufhört. Bei Fig. 91 geht die hintere Zwillingslamelle *h' l* nicht vollständig von der hintern Rhomboëderfläche nach der vordern fort, sie hört bei *pl* auf und ist begrenzt durch eine Spaltungsfläche, welche dieselbe Lage hat, wie r̲ in Fig. 89. In geringerer Entfernung von der Endkante *d* fängt eine andere Zwillingslamelle *mg'* wieder an und setzt sich bis zur vordern untern Rhomboëderfläche fort. Sie ist innen auch von einer Spaltungsfläche begrenzt, welche der die hintere Lamelle begrenzenden parallel ist. Zwischen diesen beiden Spaltungsflächen liegen 2 parallele des Individuums I, welche der hintern obern Rhomboëderfläche parallel sind. Es bildet sich auf diese Weise ein hohler Canal *p l m n*, dessen Kanten der horizontalen Diagonale der vordern, untern Rhomboëderfläche (also der Zwillingskante *r*/r̲ bei Fig. 89) parallel gehen und dessen Wände von den in dieser Diagonale sich schneidenden Spaltungsflächen gebildet werden. Er hat also die Form eines rhomboidischen oder nach Umständen rhombischen Prismas von 141° 45′ mit schiefen, auf den scharfen Seitenkanten schief aufgesetzten und an den beiden Enden in verschiedener Richtung liegenden Endflächen, *l n* und *m p*; die Winkel, welche diese Endflächen mit den Prismenflächen des Canals bilden, betragen 105° 5′ und 74° 55′, wobei immer die gegenüberliegenden gleich, die benachbarten Complemente von einander sind.

2) Canäle, die einer Seiteneckenaxe des Rhomboëders parallel gehen.

Sie entstehen dadurch, dass in einem Kalkspathrhomboëder 2 Zwillingslamellen vorkommen, die verschiedenen Endkanten parallel gehen, so bei Fig. 92 eine Lamelle *f' g'*, welche die untere vordere Rhomboëderfläche des Individuums I in *f' g'* schneidet und wie die Lamellen in Fig. 91 liegt; eine zweite *q' p'*, welche der rechten obern Endkante des Rhomboëders parallel geht und die rechte obere Rhomboëderfläche in der Linie *t' p'* schneidet. Die untern Flächen dieser beiden Lamellen treffen in der Linie *s' t'* zusammen, die einer Seiteneckenaxe des Rhomboëders parallel geht. Die Lamellen spalten hier nach ihren 3. Spaltungsflächen (als 3. Spaltungsflächen bezeichnet man diejenigen, welche sich mit ihren Diagonalen treffen, z. B. *r* und r̲ in Fig. 89) und zerreissen auf der ganzen

Länge der Linie s' t' und nach der ganzen Dicke der Lamellen, so dass dadurch jede Lamelle in zwei Theile getheilt wird, die erste Lamelle in einen vordern und hintern, die zweite in einen untern und obern und die Theile einer jeden Lamelle um die Dicke der andern verschoben werden. Es entsteht so ein vierflächig prismatischer Canal von der Richtung der Durchschnittslinie s' t' und auf der Vorderseite mit rhombischer Mündung (bei der Fig. gestrichelt), deren Kanten den Endkanten ig' und rp' der beiden Zwillingslamellen parallel gehen und deren längere und kürzere Diagonale der schiefen und horizontalen Diagonale der Fläche des Rhomboëders, in der sie liegt, parallel sind. Eine gleiche Gestalt hat die andere Mündung auf der linken obern Rhomboëderfläche. Die Seitenkanten des Canals berechnen sich zu 90° 5′ und 89° 55′, der erstere Winkel gehört der oberen und untern Kante, der letztere der rechten und linken an. Der Canal ist also fast genau ein quadratisches Prisma.

Diese Canäle erscheinen gewöhnlich nur sehr dünn, bei den durchsichtigen Abänderungen des Kalkspaths nur vereinzelt, bei den trüben dagegen in grosser Menge.

Fig. 90 stellt einen Kalkspath dar, bei welchem in derselben Richtung wie bei Fig. 91 dicke Lamellen eingeschaltet sind, so dass deutlich ein- und ausspringende Kanten erscheinen, während die Lamellen nach einer 2. Richtung wie bei Fig. 92 nur ganz schmal sind; die Mündungen der hohlen Canäle erscheinen hier nur als kleine Linien, die auf der vordern obern Rhomboëderfläche die Lage von i' g haben und in Reihen parallel der vordern obern Endkante verlaufen. Aehnliche Reihen von Linien sind auf den beiden andern Rhomboëderflächen vorhanden.

Reusch *) hat durch blossen Druck Zwillingslamellen nach diesem Gesetz dargestellt, wodurch auch die hohlen Canäle eine einfache Erklärung finden.

Das Gesetz, Zwillingsebene eine Fläche des 1. stumpfern Rhomboëders, kommt auch bei andern Mineralien vor, so bei den rhomboëdrischen Metallen, besonders Wismuth **), dessen

---

*) Reusch, Poggend. Ann. B. 132. S. 441.

**) G. Rose, Abh. d. Kgl. Akad. d. Wissensch. zu Berlin 1849 S. 73.

Grundrhomboëder 87° 40′ Endkantenwinkel hat, mithin dem Hexaëder sehr nahe steht. Der einspringende Winkel beträgt hier 173° 16′. Diese Zwillingsverwachsung trug zur Erkennung des rhomboëdrischen Systems bei diesem Mineral wesentlich bei, welches früher für regulär gehalten wurde.

1b) **Kalkspathzwillinge nach dem Gesetz, Zwillingsaxe die Normale auf einer Fläche des 1. spitzern Rhomboëders.**

Das Gesetz kommt bei dem gewöhnlichen Skalenoëder *z* $(a : \frac{1}{2} a : \frac{1}{3} a : c)$ des Kalkspaths vor, dessen scharfe Endkanten von den Flächen des 1. spitzern Rhomboëders gerade abgestumpft werden (Fig. 257). Man erkennt daher leicht den Zwilling daran, dass eine scharfe Endkante des einen Individuums einer desgleichen des andern parallel ist; die gerade Abstumpfungsfläche dieser Endkanten entspricht dann der Zwillingsebene. Der Neigungswinkel der Hauptaxen beider Individuen beträgt 53° 50′; die stumpfen Endkanten, welche mit den parallelen und den Hauptaxen in einer Ebene liegen, bilden auf der einen Seite einen einspringenden, auf der andern einen ausspringenden Winkel von 98° 2′.

Auch hier wird durch die Zwillingsebene dem Krystall eine monokline Pseudosymmetrie gegeben, durch die Zwillingsbildung eine rhombische erzeugt.

Das Gesetz kommt bei Krystallen von Andreasberg, aus dem Wallis, Altens Kupfergrube in Norwegen*) vor.

2. **Zwillingsebene senkrecht auf der Zusammensetzungsfläche.** Das beste Beispiel für diese Art der Zwillingsbildung liefert Rothgiltigerz (Fig. 93); das Gesetz lautet: Zwillingsaxe die Normale einer Fläche des 2. stumpfern Rhomboëders. Die Krystalle zeigen das 1. stumpfere Rhomboëder**) in Combination mit dem 2. Prisma.

Stellt man sich zwei Krystalle so parallel, dass zwei Endkanten in eine Linie fallen und dreht man den einen Krystall in der Ebene, welche die zusammenfallenden Endkanten gerade abstumpft um 180°, so erhält man den Zwilling (Fig. 254). Die beiden Rhomboëderflächen, deren Kante von der Zwillingsebene gerade abgestumpft wird, fallen dann bei beiden Individuen zusammen, während die andern Rhomboëderflächen von der Zwil-

*) Scheerer, Poggend. Ann. 65 S. 289.

**) Statt $\frac{1}{4} r'$ muss es bei der Figur 93 $\frac{1}{2} r'$ heissen.

lingsebene aus nach entgegengesetzten Seiten geneigt sind; der Neigungswinkel der Hauptaxen beträgt 26°.

Nach diesem Gesetz findet häufig eine wiederholte Zwillingsbildung mit geneigten Zwillingsebenen statt, indem 2 oder 3 Flächen des 2. stumpfern Rhomboëders Zwillingsebenen sind, es entstehen also Drillinge und Vierlinge. Die Vierlinge (Fig. 93) haben eine grosse Regelmässigkeit, es legen sich 3 Individuen an ein centrales derart, dass sich jede Endkante des centralen Individuums in die Endkante eines Zwillingsindividuums fortsetzt, wodurch wieder eine neue rhomboëdrische Symmetrie entsteht. Von den Centralindividuen erscheinen nur an dem einen Ende 3 Rhomboëderflächen, von denen jede mit einer Fläche von je 2 Individuen in eine Ebene fällt, so dass bei vollkommen regelmässiger Ausbildung die Zwillingsgrenzen, welche bei der Figur gestrichelt sind, auf den Rhomboëderflächen nicht sichtbar werden. An diesem Ende bilden die Rhomboëderflächen der 3 andern Individuen, welche nicht mit den Centralrhomboëderflächen zusammenfallen, ausspringende Winkel, ohne sich jedoch in Kanten zu treffen, an dem andern Ende dagegen bilden ihre parallelen einspringende Kanten. Dies letztere Ende ist jedoch nie zu sehen, da die Krystalle mit demselben aufgewachsen sind. Die Flächen des 2. Prismas bilden an den Zwillingsgrenzen einspringende Winkel.

Bei den Krystallen ist zuweilen das mittlere Individuum grösser, als die andern, ja es kann auch andere Combinationsverhältnisse haben. Auch können sich an die äussern Individuen wieder andere zwillingsartig anlegen, also jedes äussere Individuum kann wieder der Träger einer Vierlingsgruppe werden, so dass kuglige Gruppirungen entstehen, deren Deutung keine weitern Schwierigkeiten bereitet.

Dieselbe Zwillingsverwachsung kommt auch beim Antimon vor, nur mit dem Unterschiede, dass hier das 2. stumpfere Rhomboëder herrscht, eine Fläche des 1. stumpfern dagegen Zwillingsebene ist, also gerade umgekehrt wie beim Rothgiltigerz. Die von G. Rose*) beschriebene Sechslingsgruppe erhält man, wenn man an eines der äussern Individuen von Fig. 93 2 Zwillingsindividuen sich angefügt denkt. Es bildet dann ein Zwilling das

*) G. Rose, Abh. der Kgl. Akad. d. Wissensch. zu Berlin 1849 S. 74.

Centrum der Gruppe, nicht wie beim Rothgiltigerz ein einfacher Krystall.

Durchwachsungszwillinge.

Fig. 94 stellt einen Durchwachsungszwilling des Arsens *) dar. Die Krystalle sind tafelförmig nach der Endfläche entwickelt, seitlich von dem Hauptrhomboëder mit einem Endkantenwinkel von 87° 4′ und dem 1½fach spitzern Rhomboëder 2. Stellung $^3/_2 r'$ $(a : a : \infty\, a : {}^3/_2\, c)$ begrenzt. Die Zwillingsebene ist eine Fläche des 1. stumpfern Rhomboëders.

Die beiden Theile der Zwillinge links oben oder die beiden rechts unten sind mit der Zwillingsebene miteinander verbunden; die geraden Endflächen bilden einspringende Zwillingswinkel von 78°, die Rhomboëderflächen $^3/_2 r'$ stossen unter stumpfen ausspringenden Winkeln zusammen. Die beiden Theile rechts oben und links unten sind mit einer auf der Zwillingsebene senkrechten Fläche verbunden, und die Flächen r und $\underline{r}$ fallen in eine Ebene, die geraden Endflächen bilden hier einen stumpfen einspringenden Winkel von 102°. Träten die Flächen $^1/_2 r'$ hinzu, so würden sie die Kante zwischen $^3/_2 r'$ und c abstumpfen und die zwei würden in eine Ebene fallen, welche der Zwillingsebene entsprechen.

2. Gesetz.

Zwillingsaxe die Hauptaxe.

Da die Hauptaxe Zwillingsaxe ist, so muss die gerade Endfläche Zwillingsebene sein. Zwei Rhomboëder oder Skalenoëder gleicher Art, welche sich nach diesem Gesetz in Zwillingsstellung befinden, verhalten sich ihrer Stellung nach wie Rhomboëder oder Skalenoëder verschiedener Stellung. Mechanisch erhält man den Zwilling schon durch eine Drehung um 60°.

Hexagondodekaëder und Prismen für sich allein erhalten durch diese Zwillingsbildung keine veränderte Gestalt.

Die Erscheinungsweise der Zwillinge ist verschieden, es kommen alle 3 Arten von Zwillingsbildungen vor.

a) Zwillingsebene zugleich Zusammensetzungsfläche.

Diese Art der Verwachsung ist häufig beim Kalkspath (Fig. 95—97.)

---

*) G. Rose, a. a. O. S. 93.

1) Rhomboëderzwilling. Fig. 95 stellt einen Zwilling des Hauptrhomboëders dar, welcher aus 2 gleichen Hälften besteht. Die Rhomboëderflächen bilden an der Zwillingsgrenze abwechselnd aus- und einspringende Winkel, die unter ausspringendem Winkel zusammenstossenden Flächen sind grösser, als die unter dem einspringenden.

Durch Spaltung kann man die einspringenden Winkel noch kleiner erscheinen lassen, man kann dann auch so weit abspalten, dass sie ganz verschwinden, wodurch eine doppelt dreiseitige Pyramide hergestellt wird.

Bei späthigem Kalkspath, z. B. von der Lieth bei Elmshorn *) kommen auch nach diesem Gesetz eingeschaltete Zwillingsstücke vor. Bei diesem Vorkommen ist auch zuweilen eine geradflächige Absonderung nach der Zwillingsebene zu beobachten.

Zuweilen dehnt sich das eine Individuum seitlich über das andere aus, so dass letzteres zwillingsartig eingekeilt erscheint. Derartige Ineinanderwachsungszwillinge bilden dann den Uebergang zu den Durchwachsungszwillingen.

Diese Art der Zwillingsbildung lässt eine gewisse Verwandtschaft mit der Zwillungsbildung im regulären System hervortreten, ein Zwilling eines Rhomboëders von 90° Endkantenwinkel ist ein Hexaëderzwilling nach dem Gesetz, Zwillingsaxe eine rhomboëdrische Axe.

2) Zwilling der Combination 1. Prisma mit 1. stumpfern Rhomboëder (Fig. 97).

Die Flächen des Prismas müssen, da sie auf der Zwillingsebene senkrecht stehen, in eine Ebene fallen, so dass auf ihnen die Zwillingsgrenze nicht zur Erscheinung kommt; die Rhomboëderflächen sind oben und unten auf denselben Prismenflächen aufgesetzt, nicht auf den abwechselnden wie bei dem einfachen Krystall (El. I Fig. 133). Prismen ohne jegliche Endigung würden durch die Lage der Spaltungsflächen an den beiden Enden leicht die Zwillingsbildung erkennen lassen.

3) Zwilling des Skalenoëders z (a: $^1/_3 a$: $^1/_2 a$: c) (Fig. 96).

Je zwei Paare von Skalenoëderflächen bilden an der Zwillingsgrenze abwechselnd einspringende und ausspringende Win-

*) G. Rose, Zeitsch. d. Deutsch. geol. Ges. 1871 S. 464.

kel, die Flächen, welche die einspringenden Winkel bilden, sind bei dem aus zwei gleichen Hälften bestehenden Zwilling nur klein und können durch die vorherrschend entwickelten Flächen ganz verdrängt werden. Die Zwillingsbildung ist dann leicht daran erkennbar, dass die stumpfen und scharfen Endkanten am obern und untern Ende eine gleiche Lage haben, nicht wie beim einfachen Krystall eine abwechselnde.

Auch parallele Wiederholung der Zwillingsbildung kommt bei Skalenoëdern aus Derbyshire vor, parallel der Zwillingsebene sind dann Lamellen eingeschaltet, wodurch die einspringenden Winkel weniger deutlich hervortreten.

Aus diesen 3 Beispielen ergiebt sich, dass durch die Zwillingsbildung eine dreigliedrige Symmetrie hervorgerufen wird, die Rhomboëder bilden doppelt dreiseitige Pyramiden, die Skalenoëder doppelt sechsseitige, symmetrische mit abwechselnd scharfen und stumpfen Endkanten. Die 1. dieser Formen ist im hexagonalen System nur als tetartoëdrische, abgeleitet vom Hexagondodekaëder 2. Ordnung bekannt, die zweite kommt nicht vor. Das Gesetz der Hemiëdrie würde lauten, es dehnen sich die an den einen abwechselnden Seitenkanten der Grundform oder deren entsprechenden Stellen liegenden Flächen aus, die andern abwechselnden verschwinden.

b) **Zusammensetzungsfläche senkrecht auf der Zwillingsebene.**

Nach diesem Gesetz kommen häufig Eisenglanzkrystalle welche nach der geraden Endfläche tafelartig entwickelt sind, verwachsen vor (Fig. 100), wobei die geraden Endflächen beider Individuen in eine Ebene fallen; bei der Figur sind noch die Flächen des Hauptrhomboëders und 2. Prismas vorhanden. Die Zusammensetzungsfläche ist eine Fläche des 1. Prismas. Rhomboëder und Endfläche allein entsprechen dann genau der Fig. 47 (Bleiglanz).

Von den Flächen des 2. Prismas fallen die an der Zusammensetzungsfläche liegenden der beiden Individuen in eine Ebene. Die auf diese Weise entstandene Pseudosymmetrie ist eine rhombische. Da die Zwillingsbildung eine ganz gleiche ist, wie im regulären System nach dem Gesetz, Zusammensetzungsfläche die auf der Zwillingsebene (Oktaëderfläche) senkrechte Fläche des Ikositetraëders $(a : a : {}^1/_2 a)$, wo beim Bleiglanz die Indivi-

duen auch nach der Zwillingsebene tafelförmig sind, so ist zu ihrer Erklärung nichts weiter hinzuzufügen.

c) Durchwachsungszwillinge.

Durchwachsene Rhomboëder nach dem Gesetz, Zwillingsaxe die Hauptaxe, stimmen in der Erscheinungsweise vollkommen mit Durchwachsungshexaëdern nach dem Gesetz, Zwillingsaxe eine rhomboëdrische Axe, überein (Vergl. Fig. 51 und 99).

Fig. 99 stellt einen Durchwachsungszwilling der El. I. Fig. 131 gezeichneten Combination des Chabasits dar, jedes Theilindividuum der obern Hälfte steht gegen eins desgleichen der untern zwillingsartig in der Endfläche, gegen zwei andere derselben Hälfte zwillingsartig in einer Fläche des 1. Prismas. Durch die Zwillingsbildung wird eine hexagonale Ordnung hergestellt. Die Streifung auf den Hauptrhomboëderflächen parallel den Kanten mit dem 1. stumpfern Rhomboëder ist auf ein Skalenoëder aus der Endkantenzone des Hauptrhomboëders zu beziehen. Sie hängt mit der Zwillingsbildung aufs innigste zusammen, ganz in ähnlicher Weise wie beim Flussspath die Streifung nach den Kanten des Hexaëders, und erklärt sich daraus, dass überhaupt sehr häufig an einspringenden Zwillingswinkeln eine Culmination von Flächen stattfindet, gewissermassen um den einspringenden Winkel zu verdecken und die durch die Zwillingsbildung bewirkte Symmetrie mehr hervortreten zu lassen.

Durchwachsungsrhomboëder kommen auch bei andern Mineralien, z. B. Dolomit, Zinnober vor.

Diese Zwillingsbildung ist häufig in der Art entwickelt, dass aus einem Hauptindividuum Theile eines andern zwillingsartig hervorragen, wie es Fig. 54 beim Flussspath zeigt.

Auch bei Skalenoëdern kommen Durchwachsungszwillinge vor, z. B. beim Kalkspath, ein centrales Individuum herrscht dann meist vor.

Die Zwillinge des Phenakits schliessen sich hier am besten an, obgleich das Mineral rhomboëdrisch tetartoëdrisch ist, da die tetartoëdrische Natur sehr in den Hintergrund tritt. Fig. 98 stellt einen Durchwachsungszwilling der El. I Fig. 135 gezeichneten Combination dar, die Flächen des Hauptrhomboëders bilden einspringende Winkel, während diejenigen des 2. Prismas und Hexagondodekaëders an den Zwillingsgrenzen bei beiden Indi-

viduen zusammenfallen. Man sieht leicht, dass die Zwillingsbildung äusserlich nicht erkannt werden kann, wenn die Rhomboëderflächen verdeckt sind.

C. Zwillingsbildung bei tetartoëdrischen Krystallen.

Das vorzüglichste Beispiel ist der Quarz, welcher durch Mannigfaltigkeit und Häufigkeit von Zwillingsbildungen ausgezeichnet ist. G. Rose *) unterscheidet zunächst 2 Arten von Zwillingsbildungen, bei den einen sind die Individuen gleich (rechte oder linke), haben aber gegeneinander eine verschiedene Stellung, bei den andern sind die Individuen ungleich (d. h. rechte und linke), haben aber gegeneinander eine gleiche Stellung. Die erstern erklären sich durch das auch bei den rhomboëdrischen Krystallen vorkommende Gesetz, Zwillingsaxe die Hauptaxe, die letztern sind im Grunde genommen gar keine Zwillinge, sondern nur parallele Verwachsungen eines rechten und linken Krystalls, welche jedoch hier wegen ihrer Aehnlichkeit mit Zwillingen mit abgehandelt werden sollen.

1. Zwillingsaxe die Hauptaxe.

Die Flächen des Hauptrhomboëders des einen Individuums kommen bei dieser Zwillingsbildung in die Lage der Flächen des Gegenrhomboëders des andern, wie sich schon aus dem vorhergehenden ergiebt. Da nach diesem Gesetz nur 2 rechte oder 2 linke Individuen verwachsen, so kommen die Rhomben- und Trapezflächen des einen Individuums an die Ecken des andern zu liegen, welche diese Flächen nicht haben (Fig. 105).

Es kommen Aneinander- und Durchwachsungszwillinge vor.

a) Aneinanderwachsungszwillinge.

Die Verwachsung findet immer senkrecht gegen die Zwillingsebene statt, die Grenze läuft entweder nahezu regelmässig in einer Fläche des 1. Prismas oder sie hat einen unregelmässigen Verlauf.

1) Zusammensetzungsfläche eine Prismenfläche (Fig. 101). Die Individuen sind deutlich nebeneinander erkennbar und durch mehr oder minder tief einspringende Winkel auf den Prismen- und Rhomboëderflächen von einander getrennt,

---

*) G. Rose, über das Krystallisationssystem des Quarzes, Abh. d. Kgl. Akad. d. Wissensch. zu Berlin 1846.

wobei Rhomboëderflächen gleicher Stellung an der Zwillingsgrenze nebeneinander liegen. Diese Art der Zwillingsbildung zeigen grosse Amethyste aus Brasilien.

2) Verwachsung mit unregelmässig verlaufender Zwillingsgrenze. Die Individuen sind durch keine einspringenden Winkel getrennt und der Zwilling sieht wie ein einfacher Krystall aus (Fig. 102). Die Zwillingsgrenze ist dadurch sichtbar, dass die Flächen des Haupt- und Gegenrhomboëders r und r' im Glanze und in der Glätte verschieden, die Flächen r stark glänzend, wenn auch öfters uneben, die Flächen r' weniger glänzend oder matt, aber in der Regel eben sind. Die Rhomboëderflächen des Zwillingskrystalls sind daher an der Zwillingsgrenze auf der einen Seite stark glänzend und auf der andern Seite weniger glänzend oder matt; in den Endkanten grenzt eine glänzende Stelle der einen Rhomboëderfläche an eine matte der andern und umgekehrt (Vgl. Horizontalprojection Fig. 104). Gewöhnlich ist dann die Zwillingsgrenze auch auf den Prismenflächen zu verfolgen, indem die benachbarten Prismenflächen sich auch in Rücksicht des Glanzes unterscheiden. Dies erklärt sich leicht daraus, dass die Prismen theils unendlich spitze Rhomboëder 1. Stellung, theils solche 2. Stellung sind. Bei den Zwillingen liegt nun eine glänzende Prismenfläche des einen Individuums in der Richtung der matten des andern (Fig. 102). Der Verlauf der Zwillingsgrenze ist an kein Gesetz gebunden, indem sie bald einer Prismenfläche ungefähr parallel geht, wie bei Fig. 102 einer Fläche des 2. Prismas, bald zickzackförmig und völlig unregelmässig, wie bei Fig. 104. Gewöhnlich ist das eine Individuum gross, das andere klein, selten sind beide ziemlich gleich gross; zuweilen ist auch das eine durch das andere in 2 oder mehrere Stücke getheilt, so dass man es mit Ineinanderwachsungszwillingen zu thun hat, die dann den Uebergang zu den Durchwachsungszwillingen bilden.

Je nachdem die Einzelindividuen rechte oder linke Krystalle sind, kann man auch rechte und linke Zwillinge unterscheiden, Fig. 102 und 104 stellen linke Zwillinge dar. Zwillinge, bei denen die Zwillingsgrenze selbst nicht zu sehen ist, geben sich durch das unregelmässige Auftreten der Rhomben- und Trapezflächen als solche zu erkennen.

Herrscht beispielsweise ein Krystall besonders vor und ist nur an einer Ecke, wo eine Rhombenfläche liegen sollte, ein anderes Individuum zwillingsartig angewachsen, so kann an dieser Ecke keine Rhombenfläche auftreten, da das Individuum II seine freien Ecken da liegen hat, wo beim Individuum I die Rhombenflächen liegen *), ein solcher Zwilling zeigt daher nur 2 Rhombenflächen an einem Ende und zwar an zwei abwechselnden Ecken. Dehnt sich dann das kleinere Individuum bis zur nächsten Ecke aus, so erscheint an dieser Ecke eine Rhombenfläche; der Zwilling zeigt dann 3 Rhombenflächen, 2 benachbarte und eine gegenüberliegende (Fig. 104). Bei weiterer Ausdehnung des Individuums II verschwindet wieder eine Rhombenfläche des Individuums I; der Zwilling zeigt nur 2 Rhombenflächen, welche sich in einer Nebenaxe gegenüberliegen. Legt sich an ein Hauptindividuum ein kleineres zwillingsartig an eine freie Ecke, so erscheint an dieser eine Rhombenfläche, der Krystall hat dann 4 Rhombenflächen, drei an benachbarten Ecken und eine der mittlern in der Nebenaxe gegenüberliegende. Dehnt sich das Individuum I bis zur nächsten Ecke aus, so verschwindet wieder eine Rhombenfläche, es bleiben nur drei übrig und wenn schliesslich Individuum II bis zur 3. Ecke greift, so erscheinen wieder 4 Rhombenflächen, von denen je zwei in einer Nebenaxe einander gegenüberliegen (Fig. 102).

Geht bei einem derartigen Zwillinge die Zwillingsgrenze gerade durch die gegenüberliegenden Kanten des Prismas, so erscheinen am Ende vier Hauptrhomboëderflächen, welche ein Pseudorhombenoktaëder bilden und 2 Flächen des Gegenrhomboëders, welche man als Längsprisma betrachten kann. Die rhombische Endigung tritt dann besonders hervor, wenn die Flächen des Gegenrhomboëders nur klein sind.

Mannigfaltiger gestaltet sich die Sache bei den Ineinanderwachsungszwillingen.

Besonders schön zeigen die verschiedenen Zwillingsbildungen

---

*) Es empfiehlt sich zum leichtern Verständniss die Horizontalprojectionen von 2 in Zwillingsstellung befindlichen Individuen nebeneinander zu zeichnen.

die Krystalle von Järischau bei Striegau, es sind nur Rhombenflächen entwickelt, keine Trapezflächen (Fig. 102), die aus dem Dauphiné zeigen Trapezflächen, so wie spitzere Rhomboëder und sind meist Ineinanderwachsungszwillinge (Fig. 104).

b) Durchwachsungszwillinge.

Jedes der beiden Individuen ist in einzelne Theile getheilt und die Theile des einen sind durch Theile des andern getrennt. Ausgehend von der vollkommen regelmässigen Ausbildung sind zunächst folgende Arten von Durchwachsungen möglich.

I. Verticale Begrenzung der Individuen.

1) Die Individuen grenzen in den Seitenkanten des 1. Prismas und den Combinationskanten des Haupt- und Gegenrhomboëders aneinander. Ist bei dieser Art der Zwillingsbildung Haupt- und Gegenrhomboëder im Gleichgewicht, so erscheinen an dem einen Ende nur Flächen des Hauptrhomboëders, an dem andern nur solche des Gegenrhomboëders. Mithin können auch Trapez- und Rhombenflächen nur an dem einen Ende auftreten; die Zwillinge sind in Bezug auf die Hauptaxe hemimorph.

2) Die Zwillingsgrenze geht über die Mitte der Prismenflächen und durch die Höhenlinie der Rhomboëderflächen (Fig. 105). In diesem Falle gehört jede der Zuspitzungsflächen des Prismas zur einen Hälfte dem Hauptrhomboëder des einen zur andern dem Gegenrhomboëder des andern Individuums an. Rhomben- und Trapezflächen erscheinen dann an allen Ecken oder fehlen ganz. Die Rhombenflächen bilden ein Hexagondodekaëder 2. Ordnung, die Trapezflächen ein hexagonales Trapezoëder, eine Form, welche im hexagonalen System noch nicht beobachtet ist. Es ist das eine Hemiëdrie, derzufolge nur die einen an den abwechselnden spitzern Seitenecken des Dihexagondodekaëders einander gegenüberliegenden Flächen sich ausdehnen, die andern verschwinden.

3) Die Zwillingsgrenze verläuft unregelmässig; indem ein Individuum in das Gebiet des andern eingreift, findet ein Uebergang zu den Ineinanderwachsungszwillingen statt. Wie bei diesen ist die Vertheilung der Rhomben- und Trapezflächen eine unregelmässige, was sehr häufig bei den Schweizer Krystallen der Fall ist.

II. Die Begrenzung der Individuen ist eine verticale und horizontale.

Hier sind in Bezug auf die verticale Begrenzung die drei Fälle, wie bei I möglich.

1) Die verticale Begrenzung geht durch die Prismenkanten. Sind in diesem Fall nur die Flächen des Hauptrhomboëders entwickelt, so ragen Ecken des einen Individuums aus den Flächen des andern hervor, wie bei Fig. 99. Tritt dann das Gegenrhomboëder hinzu, so erscheinen dessen Flächen über sämmtlichen Prismenflächen und die Flächen des Hauptrhomboëders treten zwischen ihnen nur als Einkerbungen auf, wie bei Fig. 99 die schraffirten Flächen r und $\underline{r}$. Durch diese Einkerbungen erhalten diese Zwillinge eine gewisse Aehnlichkeit mit den Durchwachsungszwillingen des Diamants, nach dem Gesetz Zwillingsaxe eine prismatische Zwischenaxe (Fig. 64). Derartige Zwillinge kommen in den Drusen der Mandelsteine vor, z. B. von Oberstein *), Uruguay. Sind die Einkerbungen nicht zu sehen, so sind beide Enden nur von Flächen des Gegenrhomboëders begrenzt, während bei den Zwillingen I an beiden Enden verschiedene Rhomboëderflächen auftreten.

2) Die verticale Begrenzung geht durch die Mitte der Prismenflächen. Sind beide Rhomboëder im Gleichgewicht, wie bei der idealen Fig. 106, so erscheint auch jede Rhomboëderfläche aus 2 Hälften zusammengesetzt, welche Rhomboëdern in verschiedener Stellung angehören, der Stellung am obern Ende liegt immer die gleiche am untern Ende gegenüber, während bei Fig. 105 die Hälften der Rhomboëderflächen ober- und unterhalb der Prismenflächen verschiedener Stellung sind.

In Folge dessen erscheinen die Rhomben- und Trapezflächen nur an einem Ende; bei Fig. 106 am obern, da es ein rechter Zwilling ist; wäre es ein linker, so würden die Trapezflächen nur am untern Ende sichtbar werden.

3) Die verticale Begrenzung verläuft unregelmässig, es herrschen dann meist an dem einen Ende die Flächen des Hauptrhomboëders des einen Individuums, am andern die des II. Individuums; die Flächen des Gegenrhomboëders er-

---

*) G. vom Rath, Poggend. Ann. Jubelband S. 1.

scheinen als matte Stellen und zwar auch hier immer in der Art, dass an den Endkanten der sechsseitigen Zuspitzung neben Glatt auf der einen Fläche Matt auf der andern liegt.

Derartige Zwillinge sind meist an beiden Enden ausgebildet und kommen in der Schweiz vor (Fig. 103).

2. Verwachsungen von einem rechten und linken Krystall.

Sämmtliche Flächen beider Individuen mit Ausnahme der Rhomben- und Trapezflächen fallen bei beiden Individuen zusammen, erstere müssen dann bei regelmässiger Durchwachsung als Hexagondodekaëder 2. Ordnung erscheinen, letztere als Skalenoëder, wie es auch Fig. 107 zeigt. Derartige Durchwachsungen haben eine vollkommene rhomboëdrische Symmetrie, sie finden sich bei den Quarzen und Amethysten aus den Höhlungen der Mandelsteine, Faröer, Brasilien etc., Aneinanderwachsungen kommen als Seltenheit bei Krystallen aus der Schweiz vor.

Die Verwachsungen von rechten und linken Krystallen sind zuweilen noch nach dem gewöhnlichen Gesetz des Quarzes zwillingsartig verbunden, sowohl als Aneinander- als auch als Durchwachsungszwillinge, so bestehen die Individuen der Fig. 101 gezeichneten Aneinanderwachsungszwillinge aus Brasilien aus rechten und linken Krystalltheilen, was äusserlich nicht hervortritt, da keine Trapezflächen vorhanden sind, optisch jedoch unzweifelhaft nachgewiesen ist.

Durchwachsungszwillinge von 2 Individuen, deren jedes Fig. 107 entspricht, kommen in den Mandelsteinen vom Weisselberge bei Obernkirchen unweit St. Wendel *) vor. Die Trapezflächen sind sehr gross und treffen sich in Kanten. An den über den Prismenflächen liegenden Kanten des einen Individuums ragen leistenartig Kanten der Trapezflächen des andern Individuums heraus. Diese Zwillingsleisten bewirken die Ausdehnung der Trapezflächen am Individuum I, wie in ähnlicher Weise bei den Durchwachsungszwillingen des Chabasits Skalenoëder erzeugt werden.

---

*) G. vom Rath, a. a. O. S. 102.

Allgemeine Betrachtungen über die Zwillinge des hexagonalen Systems.

In Anbetracht der vorkommenden Zwillinge, besonders des Tridymits und des Zinkoxyds, bei denen die Zwillingsebene verschiedenen Hexagondodekaëdern 1. Ordnung angehört, wäre theoretisch noch eine ganze Anzahl anderer Zwillingsgesetze möglich, deren allgemeiner Ausdruck lauten würde, Zwillingsaxe die Normale einer Fläche eines Hexagondodekaëders 1. Ordnung. Diesem Gesetz fügen sich auch sämmtliche Zwillinge, bei denen die Normale einer Rhomboëderfläche Zwillingsaxe ist.

Zwillinge, deren Zwillingsaxe die Normale einer Fläche eines Hexagondodekaëders 2. Ordnung ist, sind zwar vom Quarz *) bekannt, gehören aber zu den grössten Seltenheiten. Es ist dies ein bemerkenswerther Unterschied von den Zwillingsbildungen im quadratischen System, bei welchem gerade die Normalen von Flächen des 1. stumpfern Oktaëders als Zwillingsaxen am häufigsten sind.

Durch die Zwillingsbildung entstehen in diesem System theils Pseudosymmetrieen, theils Holoëdrie, Hemiëdrie und Hemimorphie desselben Systems.

Eine reguläre Pseudosymmetrie liegt in der Zwillingsbildung des Tridymits vor, eine rhombische bei den einfachen Zwillingen, deren Zwillingsaxe die Normale einer Rhomboëderfläche, sowie bei gewissen Aneinanderwachsungszwillingen des Quarzes.

Holoëdrische Symmetrie entsteht bei den Durchwachsungszwillingen rhomboëdrischer Krystalle nach dem Gesetz, Zwillingsaxe die Hauptaxe. Eine rhomboëdrische Symmetrie zeigt die wiederholte Zwillingsbildung bei Rothgiltigerz.

Die durch die Zwillingsbildung hervortretenden neuen Hemiëdrieen, welche bei einfachen Krystallen nicht bekannt sind, kann man auf folgende zwei Gesetze zurückführen.

---

*) Weiss beschreibt in den Abh. der Kgl. Akad. der Wissensch. zu Berlin 1829 aus dem Dauphiné Zwillinge nach dem Gesetz, Zwillingsaxe die Normale einer Fläche $(2a:a:2a:c) = \xi$, so dass die Hauptaxen beider Individuen sich unter 84° 47′ schneiden; dieses Gesetz hat Websky bei Krystallen von Traversella in Piemont bestätigt gefunden (N. Jahrb. für Mineral. etc. 1874 S. 16.)

1) Es dehnen sich von einem Dihexagondodekaëder nur die einen an den abwechselnden Endpunkten der 2. Nebenaxen liegenden Flächen aus, die andern verschwinden oder, was auf dasselbe hinauskommt, die Hemiëdrie geht nach den abwechselnden Seitenkanten des Hexagondodekaëders. Es entstehen dann aus den Hexagondodekaëdern 1. Ordnung doppelt dreiseitige, aus den Dihexagondodekaëdern symmetrisch sechsseitige Doppelpyramiden (Fig. 95 und 96).

2) Es dehnen sich von einem Dihexagondodekaëder nur die einen in den Endpunkten der 1. Nebenaxen einandergegenüberliegenden Flächen aus, die andern verschwinden, wodurch aus Dihexagondodekaëdern hexagonale Trapezoëder entstehen, die Hexagondodekaëder beider Ordnungen bleiben scheinbar holoëdrische Formen (Quarz, Fig. 105).

Durch die Zwillingsbildung wird mithin die Hemiëdrie vervollständigt.

Ferner wurde beim Quarz darauf hingewiesen, dass gewisse Durchwachsungszwillinge Hemimorphismus an den Enden der Hauptaxe zeigen.

IV. Zwillinge des rhombischen Systems.

Unter den Krystallen des rhombischen Systems, welche bei holoëdrischer Ausbildung keinen Hemimorphismus zeigen, sind im Allgemeinen nur 2 Zwillingsgesetze möglich, Zwillingsaxe die Normale einer Oktaëderfläche oder einer Prismenfläche. Zwillinge der letztern Art sind bei weitem am häufigsten.

1. Zwillingsaxe die Normale einer Oktaëderfläche.

Dieses Zwillingsgesetz kommt in ausgezeichneter Weise beim Staurolith vor (Fig. 108). Das verticale Prisma der Grundform von 129° 20′ ist combinirt mit dem Hauptquerprisma, dessen Winkel in c 69° 16′ beträgt, der Endfläche und Längsfläche, das daraus berechnete Axenverhältniss ist: $a : b : c =$ 0.69071 : 1.45902 : 1. Die Zwillingsebene gehört dem Oktaëder ($a : {}^2/_3\, b : c$) an. Dieses Oktaëder liegt in einer durch die Kante b/d bezeichneten Zone und bildet mit der Längsfläche einen Winkel von 120° 18′. Bei Fig. 108 stehen die beiden untern Theile in der rechten hintern Oktaëderfläche des Individuums I in Zwillingsstellung, die Flächen b bilden vorn einen einspringenden Winkel von 119° 24′, dessen Kante einer Com-

binationskante von b/d beider Individuen rechts und links parallel geht; die Flächen d hinten einen einspringenden Winkel von 144° 17′, die Kanten g/b und $\underline{g}/\underline{b}$ welche sich vorn in der Zwillingsecke schneiden 58° 46′, welcher dem Winkel entspricht, unter welchem sich die Hauptaxen beider Individuen treffen.

Von diesem einfachen Aneinanderwachsungszwilling ist nun jedes Individuum über das andere hinaus ausgedehnt und so entsteht der Fig. 108 gezeichnete Durchwachsungszwilling, welcher der Ausbildung der Krystalle von Faïdo am St. Gotthard entspricht. Die zweite Begrenzung, das heisst diejenige zwischen dem obern Theil des Individuums I und dem rechten des Individuums II, sowie dem untern von I und linken von II entspricht dann keiner bestimmten Krystallfläche, sondern hängt von der relativen Ausbildung der beiden Individuen ab. Es stossen die Prismenkanten und eine Combinationskante von Prisma und Längsfläche des II. Individuums auf die Längsflächen des I. und umgekehrt. Wären die beiden Prismenflächen und die Längsflächen bei beiden Individuen gleich gross entwickelt, so würden an der Zwillingsgrenze und der 2. Begrenzung, welche dann einer auf der Zwillingsebene senkrechten Fläche entspricht, die verticalen Kanten des einen Individuums mit den verticalen des andern in Ecken zusammenstossen.

In dieser Weise sind die Zwillinge in den Lehr- und Handbüchern gezeichnet.

Ein ganz besonderes Interesse gewähren diese Zwillinge durch die Beziehungen, welche ihre Flächen zu Formen des regulären Systems *) haben. Diese Beziehungen treten sehr deutlich hervor, wenn man das Haüy'sche Axenverhältniss annimmt $a:b:c = \sqrt{2}:3:2$, dasselbe weicht nur wenig von dem berechneten ab und es bestimmt sich darnach der Winkel des verticalen Prismas zu 129° 31′ der des Querprismas zu 70° 31′. Der erstere Winkel stimmt nun genau mit demjenigen, welchen zwei an einer Oktaëderecke einander gegenüberliegende Flächen des Ikositetraëders $(a:a:{}^1/_3\,a)$ bilden, der zweite mit dem Tetraëderwinkel oder auch dem Complementwinkel zweier in einer

---

*) Weiss, das Staurolithsystem, als abgeleitet aus dem regulären Krystallsystem, Abh. d. Kgl. Akad. d. Wissensch. zu Berlin 1831.

Oktaëderecke einander gegenüberliegender Flächen des Ikositetraëders ($a : a : {}^1/_2\, a$). Die Hauptaxen kreuzen sich dann unter 60° resp. 120°, die auf der Zwillingsebene senkrechte Ebene erhält das Zeichen ($a : {}^1/_2\, b : \infty\, c$) und ist in dem vollkommen regelmässig ausgebildeten Zwilling ein reguläres Sechseck, die Zwillingsebene selbst ist ein unregelmässiges Hexagon mit 2 rechten Winkeln.

Nimmt man die Zwillingsebene als Dodekaëderfläche, so fällt in die längere Diagonale der darauf senkrechten Dodekaëderfläche die Zwillingsaxe, die übrigen Dodekaëderflächen fallen mit den End- und Längsflächen der beiden Individuen zusammen. Der Stellung in Fig. 108 entsprechend ist eine prismatische Axe des Dodekaëders die Hauptaxe des Individuums I, die längere Diagonale der auf der prismatischen Axe senkrechten Dodekaëderfläche (hier die Endfläche c) liegt wie die b Axe, die kürzere Diagonale wie die a Axe. Stellt man das Dodekaëder aufrecht in der prismatischen Axe, so ist die dieser Axe parallele Fläche die Längsfläche des Individuums I; die prismatische Axe, welche auf der vorn oben links liegenden Dodekaëderfläche senkrecht steht, die Hauptaxe des Individuums II, die längere Diagonale der vorn oben rechts liegenden Fläche ist der Zwillingsaxe parallel, so dass die oben rechts hinten liegende Fläche die Zwillingsebene, die oben links hinten liegende Fläche die Längsfläche des Individuums II ist. *) Die Flächen der verticalen Prismen entsprechen den Flächen des Ikositetraëders ($a : a : {}^1/_2\, a$); die des Querprismas Flächen des Ikositetraëders ($a : a : {}^1/_3\, a$).

2) Kupferglanz. (Fig. 126.) Zwillingsaxe ist die Normale einer Fläche des Oktaëders ($a : b : {}^1/_2 c$).

Die Krystalle sind nach der Endfläche tafelförmig, seitlich begrenzt von dem Oktaëder ($a : b : {}^1/_3\, c$) und dem Längsprisma ($\infty\, a : b : {}^2/_3\, c$), wodurch das Aussehen ein hexagonales wird. Es sind wie beim Staurolith Durchkreuzungszwillinge, die Hauptaxen beider Individuen schneiden sich unter einem Winkel von 88°, welcher also nur wenig vom rechten abweicht. Denselben Winkel bilden die Endflächen. Die Stellung der Indivi-

---

*) Zum leichtern Verständniss empfiehlt es sich, ein Dodekaëder zur Hand zu nehmen und mit der Figur nach der Beschreibung zu vergleichen.

duen wird dadurch erleichtert, dass die Krystalle parallel der Combinationskante mit dem Längsprisma auf der Endfläche gestreift sind.

2. Zwillingsaxe die Normale einer Prismenfläche.

Die Zwillingsaxe kann die Normale einer Fläche des als verticalen angenommenen Prismas, des Längs- oder Querprismas sein. Von einer gewissen Bedeutung ist dabei der Winkel des Prismas, welchem die Zwillingsebene angehört, am häufigsten beträgt der Winkel nahe an 120°, demnächst nahe an 90°, oder nahe 109° 28′ (Oktaëderwinkel), jedoch kommen auch noch andere Winkel vor.

A. Zwillinge mit vorwiegend prismatischer Ausbildung.

1) Zwillingsebene die Fläche eines Prismas von ungegefähr 120°.

a) Das Prisma ist ein verticales.

α) Das verticale Hauptprisma.

Ein gutes Beispiel liefert der Aragonit und die mit ihm isomorphen Mineralien, Weissbleierz, Witherit, Alstonit.

1) Aneinanderwachsungszwillinge mit derZwillingsebene (Fig. 118). Zwei mit einer Prismenfläche zwillingsartig verwachsene Prismen, deren Winkel beim Aragonit 116° 16′ beträgt, berühren sich auf der einen Seite mit ihren spitzen Winkeln, so dass der Zwillingswinkel ein ausspringender ist, auf der andern mit ihren stumpfen Winkeln, wodurch ein einspringender Zwillingswinkel entsteht, vergl. Fig. 117 Individuum I und II.

Beim Aragonit von Bilin in Böhmen tritt zu dem verticalen Prisma die Längsfläche und das Hauptlängsprisma in Combination. Geht nun die Zwillingsebene durch die Längsflächen, so bilden dieselben auf der einen Seite ein-, auf der andern ausspringende Winkel von 116° 16′.

Der einspringende Winkel kann dadurch zurücktreten, dass sich die Prismenflächen beiderseits bis zur Zwillingsebene ausdehnen. Die verticalen Flächen beider Individuen umschliessen dann ein unregelmässiges Sechseck, gebildet von den bei Fig. 118 vorhandenen Flächen mit Ausnahme der beiden vordern *b* und $\underline{b}$.

Häufig ist wiederholte Zwillingsbildung, zunächst mit pa-

rallelen Zwillingsebenen, dann hat Individuum III dieselbe Lage wie I, IV wie II und so fort; es schwinden dann einzelne Individuen zu Lamellen zusammen, welche zwillingsartig in ein Hauptindividuum eingeschaltet sind (Fig. 119).

Fast alle scheinbar einfachen Individuen lassen eine oder mehrere eingeschaltete Zwillingslamellen erkennen.

Die Wiederholung mit geneigten Zwillingsebenen kann eine doppelte sein.

a) Die Individuen legen sich kreisförmig so aneinander, dass die spitzen Winkel der Prismen nach innen zu liegen kommen, wie bei dem Drilling Fig. 120. Die innern Prismenflächen von I und III bilden dann einen Winkel von 191° 12′, von I und IV von 254° 56′, von I und V von 318° 40′, sie bilden also eine Spalte von 41° 20′, in welcher ein VI. Individuum nicht mehr ganz Platz hat, wie bei dem Fünfling Fig. 117. Individuum VI könnte nur, wenn es vorkommt, unvollständig ausgebildet sein. Durch sein Auftreten würde eine hexagonale Symmetrie annähernd erreicht sein.

Wäre der Prismenwinkel 120°, so würden gerade sechs Individuen den Kreis vollständig schliessen.

b) Die Individuen legen sich kreisförmig so aneinander, dass die stumpfen Prismenwinkel nach innen zu liegen kommen (Fig. 110a). Die innern Prismenflächen von I und III schneiden sich dann im Centrum der Gruppe unter 348° 48′, der Kreis ist also schon durch 3 Individuen bis auf eine Spalte von 11° 12′ geschlossen. In diese Spalte legt sich ein IV. Individuum, welches in das Gebiet des I. hineingreift und sich mit diesem gewissermassen in den Raum theilt, so dass die Zusammensetzungsfläche in die Zwillingsebene von Individuum II und III fällt und die Gruppe symmetrisch durch diese Ebene getheilt ist. Von Individuum I und IV bilden die zwei nur wenig entwickelten Prismenflächen in der Zusammensetzungsfläche einen einspringenden Winkel von 127° 28′, die beiden andern treffen sich unter 105° 4′. Würden sich diese beiden Flächen bis zur Zusammensetzungsfläche ausdehnen, so dass der einspringende Winkel verdeckt würde, so entstände ein sechsseitiges Prisma, von welchem 2 Winkel 116° 16′, 3 Winkel 127° 28′ und einer 105° 4′ betragen würden. Fig. 110 stellt Vierlinge aus Spanien dar, welche am Ende von den Längsprismen $2f$ $(a : b : {}^{1}/_{2}c)$

begrenzt sind, deren Flächen an den Zwillingsgrenzen Kanten mit einspringenden Winkeln bilden und deren Kanten in die allen 4 Individuen gemeinsame gerade Endfläche fallen; die Prismenflächen *g*I und *g*IV bilden in ihrer Zusammensetzungsfläche eine schmale Rinne, welche bei den Krystallen zuweilen durch die angrenzenden Prismenflächen verdeckt ist, so dass das oben beschriebene unregelmässig sechsseitige Prisma die verticale Begrenzung des Vierlings bildet.

2) Durchwachsungszwillinge. Die Individuen begrenzen sich theils mit den Zwillingsebenen, theils mit den darauf senkrechten Ebenen, theils unregelmässig. Es können Zwillinge, Drillinge, Vierlinge, Fünflinge und Sechslinge sein, wie die Figuren 111—115 an Spanischen Aragoniten zeigen, bei welchen die gerade Endfläche die Begrenzung der Prismen bildet. Auf dieser treten dann die Zwillingsgrenzen mehr oder minder deutlich hervor.

a) Zwillinge (Fig. 112). Die Zwillingsgrenze zwischen I und II bezeichnet die Linie, die darauf senkrechte Ebene die gestrichelte Zone. Je zwei Prismenflächen der beiden Individuen bilden in der Zwillingsgrenze den Winkel von 127° 28′, die übrigen 4 Winkel betragen 116° 16′, so dass bei Ausfüllung der einspringenden Winkel die Prismenflächen ein symmetrisches Sechseck bilden, woran man diese Zwillingsverwachsung leicht erkennen kann. Bei der Figur sind beide Individuen gleich gross entwickelt dargestellt, während in der Natur der Verlauf der auf der Zwillingsebene senkrechten Fläche häufig ein unregelmässiger ist, indem diese Fläche nicht gerade durch die Mitte der Prismenflächen hindurchgeht.

b) Drillinge (Fig. 111, 116). Drei Individuen, welche so zwillingsartig verwachsen sind, dass die stumpfen Prismenwinkel neben einander liegen (vergl. Fig. 111 die starken Linien), sind verlängert zu denken, wie es die gestrichelten Linien bezeichnen. Es fallen dann die den Zwillingsebenen parallelen Prismenflächen von I und III, sowie von I und II in eine Flucht. Beim Aragonit sind diese Flächen beiderseits meist so ausgedehnt, dass sie sich in den auf den Zwillingsebenen senkrechten Ebenen, welche bei der Figur durch die gezackten Linien angedeutet sind, treffen; es ist mithin der gestrichelte Theil von II und III mit dem ausgezogenen Theil von I und umgekehrt der gestrichelte

Theil von I mit dem ausgezogenen von II und III mit einer auf der Zwillingsebene senkrechten Fläche verwachsen. Der gestrichelte Theil von II und der ausgezogene von III sowie umgekehrt stehen gegen einander nicht in Zwillingsstellung, ihre innern Prismenflächen schneiden sich bei vollkommen regelmässiger Ausbildung in einer Linie, welche der b Axe des Individuums I parallel ist. Sie bilden einen einspringenden Winkel von 168° 48′, welcher sich leicht berechnen lässt, da alle übrigen Winkel der Begrenzung 116° 16′ betragen. Die Figur der Begrenzung hat im Allgemeinen das Aussehen eines Sechsecks, bei welchem jedoch zwei einander gegenüberliegende Seiten in der Mitte nach innen geknickt sind, woran man diese Art der Zwillingsverwachsung leicht erkennen kann.

In etwas anderer Weise ist diese Zwillingsverwachsung beim Weissbleierz ausgebildet, indem an den auf den Zwillingsebenen senkrechten Flächen, sowie an der Zusammensetzungsfläche der Individuen II und III die Längsflächen auftreten und mehr oder minder tief einschneidende einspringende Winkel bilden. Der Prismenwinkel beträgt hier 117° 14′, der einspringenee Winkel der Prismenflächen von II und III 171° 42′, er nähert sich also mehr dem Winkel von 180°, als beim Aragonit. Die einspringenden Winkel der Längsflächen betragen in der auf der Zwillingsebene senkrechten Fläche 62° 46′, in der Zusammensetzungsfläche zwischen II und III 54° 28′.

Die Endigung der Krystalle wird hier häufig von dem Grundoktaëder gebildet (Fig. 116), es fallen dann natürlich die Oktaëderflächen von zwei Individuen, welche auf zwei in einer Ebene liegenden Prismenflächen aufgesetzt sind, auch in eine Ebene, während die Oktaëderflächen, welche auf den, einen einspringenden Winkel bildenden Prismenflächen aufgesetzt sind, einen stumpfen einspringenden Winkel bilden.

Bei grösserer Dicke der einzelnen Individuen verschwinden die einspringenden Winkel der Längsflächen, so bei den Krystallen von Przibram und Mies in Böhmen, die verticale Begrenzung gleicht dann, wie beim Aragonit, einem hexagonalen Prisma, an dessen Ende die Oktaëderflächen wie ein Hexagondodekaëder erscheinen. Bei genauerer Betrachtung jedoch sieht man auf zwei gegenüberliegenden Prismen- und Oktaëderflächen flache einspringende Winkel. Ein gleiches Verhalten

zeigen die Krystalle des Witherit und Alstonit von Alston Moor in Cumberland. Andererseits können die Krystalle auch nach der Längsfläche mehr tafelförmig ausgebildet und die einzelnen Individuen ihrer Grösse nach verschieden sein.

Auf der Grube Friedrichssegen bei Oberlahnstein kommen nach der Längsfläche tafelförmige Weissbleierz-Krystalle in dieser Drillingsverwachsung in der Art vor, dass die einzelnen Individuen nicht im Centrum zusammenstossen, sondern in der Mitte einen dreieckigen leeren Raum haben. Diese Verwachsung wiederholt sich vielfach in der Art, dass zu jedem der Individuen in Abständen neue parallele hinzutreten, wodurch eine eigenthümliche netzförmige Gruppirung entsteht, welche im Querschnitt 3eckige Maschen zeigt.

c) Vierlinge entstehen dadurch, dass das eine Individuum nicht vollkommen durchdringt, sondern in seiner Fortsetzung von einem andern ersetzt wird, welches dann gegen eines der beiden angrenzenden Individuen in Zwillingsstellung steht. Ist auf diese Weise bei Fig. 111 der ausgezogene Theil des Individuums III durch ein Individuum IV ersetzt, welches sich in Zwillingsstellung gegen II befindet, derart, dass es mit dem angrenzenden Theil von II eine auf der Zwillingsebene senkrechte Fläche gemein hat, so entsteht die Verwachsung Fig. 113. Individuum I und IV stehen dann nicht in Zwillingsstellung, ihre äussern Prismenflächen bilden den einspringenden Winkel von 168° 48′, es ist der linke einspringende Winkel bei Fig. 111 auf die nächste untere Prismenfläche gerückt.

d) Fünflinge (Fig. 114) erklären sich auf die Art, dass in derselben Weise wie bei Fig. 113 an Individuum II das Zwillingsindividuum IV getreten ist, so auch Individuum V an Individuum III an Stelle des ausgezogenen Theiles von Individuum II; es kommen dann die einspringenden Winkel neben einander zu liegen.

e) Sechslinge, (Fig. 115). Hier ist auch der untere Theil von Individuum I durch ein gegen IV in Zwillingsstellung befindliches VI ersetzt, welches dann mit V nicht in Zwillingsstellung steht. In diesem Falle können nur die äussern Prismenflächen von V und VI einen einspringenden Winkel bilden, welcher hier 157° 36′ beträgt.

In der Fig. 115 gezeichneten Regelmässigkeit ist es eigentlich ein Aneinanderwachsungszwilling mit kreisförmiger Wiederholung, bei welcher die Zusammensetzungsflächen senkrecht auf den Zwillingsebenen stehen; bei den Krystallen ist jedoch die Begrenzung eine mehr unregelmässige, indem die Individuen sich mehr durchdringen.

Mit diesen Fällen ist die Mannigfaltigkeit der Zwillingsverwachsung bei weitem nicht erschöpft, sie wird dadurch besonders erhöht, dass Zwillingsstücke einzelner Individuen von andern ganz umschlossen werden in ähnlicher Weise, wie es beim Quarz und dem tafelförmigen Bleiglanz der Fall ist.

Die Art der Zwillingsverwachsung kann man bei den Krystallen von Herrngrund in Ungarn und von Schwarzleogang daran erkennen, dass die Endflächen nach der *a* Axe gestreift sind, zuweilen sogar in dieser Richtung gefurcht. Bei den Spanischen Krystallen von Molina in Aragonien und denen von Dax im Dep. des Landes in Frankreich ist dies bei einfacher Betrachtung der Endfläche schwerer, man erkennt aber die Zwillingsbildung sehr leicht durch Aetzen der Endfläche, wie Leydolt *) gezeigt hat; man sieht auf diese Weise an den Begrenzungen der in Zwillingsstellung befindlichen Individuen kammförmige, mehr minder breite Bänder verlaufen, wie es die Figuren 111 bis 115 darstellen. Der kammförmige Verlauf der Grenze erklärt sich daraus, dass die beiden Individuen abwechselnd ineinandergreifen, so dass die einspringenden Winkel der Prismenflächen nicht zur Erscheinung kommen und die Begrenzungsstellen der Individuen eine auf der Zwillingsebene senkrechte Fläche bilden.

Kupferglanz.

Der Prismenwinkel beträgt hier 119° 35′, kommt also sehr nahe an 120°, so dass bei der Drillingsverwachsung (Fig. 111) der einspringende Winkel zwischen II und III ein sehr kleiner ist, der Raum von 3 Individuen also fast vollkommen ausgefüllt wird. Es kommen wie beim Aragonit Aneinander- und Durchwachsungszwillinge vor. Zur Erkennung der Zwillingsbildung

---

*) Leydolt, Sitzungsberichte d. K. K. Akad. d. Wissensch. in Wien 1856, Band XIX. S. 10.

trägt auch hier die Streifung auf der geraden Endfläche, welche nach der *a* Axe geht, wesentlich bei. Einfache Zwillinge, welche mit der Zwillingsebene verwachsen sind, zeigen auf der Endfläche eine unter 60° federartig zusammentreffende Streifung, bei den Durchwachsungsdrillingen stossen die Streifen in 6 Linien zusammen, wie auf den Flächen *a* des Chrysoberylls (Fig. 123). Auch auf den Oktaëderflächen kann man den Verlauf der Zwillingsgrenze erkennen. Die gewöhnliche Combination, welche die Individuen (Fig. 126) zeigen, seitlich gebildet von dem Oktaëder $^1/_3 o$ und dem nach der *a* Axe gestreiften Längsprisma $^2/_3 f$, ist dadurch ausgezeichnet, dass die Oktaëderflächen fast unter gleichem Winkel gegen die Endfläche geneigt sind, wie die Flächen des Längsprismas. Kommen mithin bei der Zwillingsbildung Theile des Längsprismas in die Lage von Oktaëderflächen, so fallen sie mit diesen nahezu in eine Ebene, sie heben sich aber durch die Streifung schön von den glatten Oktaëderflächen ab.

Beim Stephanit beträgt der Winkel des verticalen Prismas, welchem die Zwillingsebene angehört, 115° 39′.

β) Zwillingsaxe die Flächennormale eines Prismas von ungefähr 120° mit dem Zeichen $(a : {}^1/_3 b : \infty c)$.

Ein derartiges Prisma und das verticale Hauptprisma haben die einfache Beziehung, dass ihre Flächen nahezu aufeinander rechtwinklig stehen.

Die Flächen eines verticalen Hauptprismas von genau 120° und die Flächen des Prismas $(a : {}^1/_3 b : \infty c)$ stehen genau aufeinander senkrecht und der Winkel des letztern Prismas beträgt auch 120°. Je mehr das verticale Hauptprisma von 120° abweicht, desto grösser wird auch der Unterschied von dem Winkel des Prismas $(a : {}^1/_3 b : \infty c)$ sein und umgekehrt.

Die Zwillingsebene fällt nach diesem Gesetz nahezu mit der auf der Zwillingsebene senkrechten Ebene nach dem 1. Gesetz zusammen, so dass es schwer ist, Zwillinge nach dem 1. Gesetz, deren Zusammensetzungsfläche senkrecht auf der Zwillingsebene steht, von solchen nach dem 2. Gesetz, bei denen die Zwillingsebene zugleich Zusammensetzungsfläche ist, zu unterscheiden und umgekehrt.

Dieses 2. Gesetz ist mit Sicherheit beim Weissbleierz nachgewiesen, Fig. 124 und 124*a* stellt einen Zwilling von Diepen-

lienchen bei Aachen *) dar, dessen Zusammensetzungsfläche zugleich Zwillingsebene ist. Der Winkel $g/\underline{g}$ ist vorn ein einspringender von 174° 33′; beide Flächen müssten in eine Ebene fallen, wenn es eine Verwachsung nach dem 1. Gesetz wäre, derart, dass die Zusammensetzungsfläche senkrecht auf der Zwillingsebene stände. Auch die Möglichkeit ist ausgeschlossen, dass es von einem Durchwachsungsdrilling die Individuen II und III sind, da bei diesen der einspringende Winkel 171° 42′ (Koksch.) **) betragen würde. Die beiden Individuen zeigen einen eigenthümlichen Hemimorphismus, indem an der Zwillingsgrenze das Längsprisma $\frac{1}{2}f$ ($\infty a : b : \frac{1}{2}c$), nach aussen $2f$ ($\infty a : b : 2c$) entwickelt ist. Dieser Hemimorphismus ist eine Folge der Zwillingsbildung, der Krystall vergrössert sich besonders von der Zwillingsgrenze aus, um den einspringenden Winkel zu verdecken, so dass er nach aussen verkümmert, weshalb auch die äussern Prismenflächen kleiner sind, als die innern. (Die Horizontalprojektion Fig. 124a stellt die Prismenflächen in gleicher Grösse dar, so dass sie ein etwas anderes Aussehen hat, wie die schiefe Projektion Fig. 124).

b) **Zwillingsebene die Fläche eines Längsprismas von ungefähr 120°.**

Dies Gesetz kommt beim Manganit, Chrysoberyll, Columbit vor.

1) Manganit (Fig. 121).

Zwillingsaxe ist die Normale einer Fläche des Haupt-Längsprismas von 122° 50′, welches bei den Krystallen zwar vorkommt, aber nur untergeordnet, es herrscht am Ende der stark entwickelten Zone des verticalen Prismas das Hauptoktaëder. Die Zwillingsebene ist zugleich Zusammensetzungsfläche und so entstehen knieförmige Zwillinge, indem die Prismenflächen auf der einen Seite ein-, auf der andern ausspringende Winkel bilden. Auch Durchwachsungszwillinge kommen vor, Drillinge sind jedoch nicht bekannt.

2) Chrysoberyll.

Zwillingsaxe ist die Normale einer Fläche des Hauptlängsprismas von 119° 46′ in der c Axe.

---

*) A. Sadebeck, Poggend. Ann. Bd. 156 S. 558.

**) v. Kokscharow, Mém. de l'Acad. Impér. d. Sc. de St. Pétersbourg VII. Sér. Tom. XVI. Nr. 14.

a) Aneinanderwachsungszwillinge mit einer auf der Zwillingsebene senkrechten Ebene kommen in Brasilien vor (Fig. 122). Die Krystalle sind nach der Querfläche (*a*) tafelförmig, seitlich durch die Längsfläche (*b*) begrenzt, am Ende durch das Längsprisma *f* von 119° 46′; von diesem Prisma fallen die Flächen, welche der Zwillingsebene entsprechen, von beiden Individuen in eine Ebene; für sich allein gedacht würden die Längsprismen sich an der Zusammensetzungsfläche mit ihren spitzen Winkeln berühren.

Wie bei dem Gesetz, Zwillingsaxe die Flächennormale eines verticalen Prismas, die Endflächen in eine Ebene fallen, ist es hier mit den Querflächen der Fall. Die Längsflächen schneiden sich an der Zusammensetzungsfläche neben den Prismenflächen, welche die Zwillingsebene darstellen, unter einem einspringenden Winkel von 60° 14′, welcher jedoch überwachsen sein kann.

Würde man hier die Zusammensetzungsfläche zugleich als Zwillingsebene annehmen, so würde diese Ebene am nächsten einer Fläche des Prismas ($\infty a : b : 3c$) kommen, dessen Winkel in *c* 59° 56′ beträgt, es müssten dann die bei Fig. 122 in eine Ebene fallenden Prismenflächen *f* einen einspringenden Winkel von 179° 32′ bilden.

Beim Columbit *) kommen ähnliche Zwillinge vor, die Zwillingsebene gehört einem Längsprisma ($\infty a : \frac{1}{2} b : c$) an, dessen stumpfer Winkel in *b* 120° 40′ beträgt; die Zwillingsgrenze tritt auf der Querfläche durch die Streifung parallel der Hauptaxe deutlich hervor.

b) Durchwachsungsdrillinge (Fig. 123), sg. Alexandrit von der Takowaja im Ural **); sie haben grosse Aehnlichkeit mit den in der Horizontalprojection Fig. 116 gezeichneten Weissbleierzdrillingen, nur treten hier die Flächen des Prismas, welches die Zwillingsebene liefert, ganz zurück. Es herrscht das Oktaëder der Grundform und Querfläche. Auf letzterer erkennt man schön die Zwillingsgrenzen, da sie parallel der Hauptaxe gestreift ist, so dass die Streifen an den Grenzen der

---

*) G. Rose, Poggend. Ann. Band 64. S. 171.

**) G. Rose, Poggend. Ann. Band 48 S. 570 und Reise nach dem Ural II. B. S. 379.

Individuen federartig zusammenstossen. Die Aehnlichkeit mit einem Hexagondodekaëder ist hier noch bedeutend grösser, als beim Weissbleierz, da der Winkel des Zwillingsprismas 119° 46′ beträgt; in Folge dessen bilden die in der Ebene der Axen b und c liegenden Oktaëderkanten des Individuums II und III an den Zwillingsgrenzen Winkel von 179° 20′, die an diesen Kanten liegenden Oktaëderflächen selbst einspringende Winkel von 179° 32′, während natürlich die Oktaëderflächen von I und II, sowie von I und III in eine Ebene fallen. Die Zwillingsbildung kommt häufig dadurch mehr zur Erscheinung, dass noch die Flächen n $(a : \frac{1}{2} b : c)$ auftreten, welche in den Mitten der Seitenkanten des scheinbaren Hexagondodekaëders beiderseits einspringende Winkel bilden, so dass Einkerbungen vorhanden sind.

Bei Marschendorf in Mähren kommen auf Glimmerschiefer und bei Haddam in Connecticut auf Quarz Tafeln von Chrysoberyll vor, welche die Querfläche darstellen, nach c der Axe gestreift und vielfach durcheinander gewachsen sind, in ähnlicher Weise, wie es oben beim Weissbleierz beschrieben wurde, ohne dass eine gewissermassen zu einem neuen Individuum gestaltete Zwillingsgruppe, wie beim Alexandrit zur Erscheinung kommt.

Ob Zwillinge nach dem Gesetz, Zwillingsaxe die Normale einer Fläche des Prismas $(\infty a : b : 3c)$ vorkommen, das heisst eines Prismas, dessen Flächen auf denen des Hauptlängsprismas nahezu rechtwinklig stehen, lässt sich mit Sicherheit nicht ausmachen. *)

3) Anhydrit.

Bei dem Anhydrit von Santorin **) kommen Zwillinge nach dem Gesetz vor, Zwillingsaxe die Normale einer Fläche des Prismas $(\infty a : b : \frac{1}{2} c)$, dessen stumpfer Winkel 126° 50′ beträgt, also schon beträchtlich von 120° abweicht. Die Krystalle sind begrenzt von Endfläche (1. Spaltungsfläche), Querfläche (2. Sp.) und Längsfläche (3. Sp.); die Querflächen fallen in eine

---

*) v. Kokscharow, Mém. de l'Acad. Imp. d. St. Pétersbourg VII. Sér. Tome V. Nr. 2.

**) Hessenberg, Abh. d. Senckenb. Naturf. Ges. in Frankfurt a. M. Band VIII.

Ebene, die Endflächen stossen unter 96° 30′ und die Längsflächen unter 53° 10′ aneinander.

c) **Zwillingsebene die Fläche eines Querprismas von ungefähr 120°.**

Dies Gesetz kommt beim Arsenikkies, seltener beim Markasit vor, in grosser Mannigfaltigkeit beim Humit.

Arsenikkies.

Das Zwillingsprisma ist das Hauptquerprisma $(a : \infty b : c)$ mit 120° 48′ in der *a* Axe. Es kommen zunächst Individuen von der Form, verticales Hauptprisma *g* und Längsprisma $(\infty a : b : {}^1\!/_4 c) = {}^1\!/_4 f$, mit der Zwillingsebene verwachsen vor, wie Fig. 128 zeigt, die Flächen der Längsprismen bilden dann auf der einen Seite einspringende, auf der andern ausspringende Winkel, die Kanten der beiderseitigen verticalen und Längsprismen liegen in einer Ebene, entsprechend der Längsfläche.

Derartige Zwillinge kommen bei Freiberg vor und sind in den meisten Fällen Durchwachsungszwillinge. Auch hier kann noch ein drittes Individuum hinzutreten, was jedoch nur selten der Fall ist.

Die Krystalle von Tunaberg (Fig. 127) haben als einfache Aneinanderwachsungszwillinge mit der Zwillingsebene dadurch ein eigenthümliches Aussehen, dass das verticale Prisma vom Hauptlängsprisma begrenzt wird. Es entstehen dann keine einspringenden Winkel, indem an der Zwillingsgrenze neben den Flächen *g* des einen Individuums auch $\underline{g}$ des andern, neben *f* des einen, $\underline{f}$ des andern zu liegen kommen. Die 4 Flächen *g* bilden eine spitze, die 4 Flächen *f* eine stumpfe Ecke. Tritt hier ein III. Individuum hinzu und durchdringen sich die drei Individuen, so bilden die Flächen *f* eine einem Hexagondodekaëder sehr nahe stehende Form, indem die bei dem Zwilling vorhandenen Flächen *f*, wenn die Verbindungslinie ihrer gegenüber liegenden Zwillingsecken als Hauptaxe betrachtet wird, gewissermassen den 3. Theil eines Hexagondodekaëders darstellen.

Humit.

Der Humit kommt in drei verschiedenen Formen vor, welche schon Scacchi *) als Typus I, II und III unterschieden

---

*) Scacchi, Memorie della R. Acad. delle scienze di Napoli 1852 S. 241.

hat. Bei allen drei Typen treten hierzu gehörige Zwillinge auf; beim I. Typus sind die Zwillingsaxen Normalen der beiden Prismen ($^7/_3\, a : \infty\, b : c$) und ($7\, a : \infty\, b : c$), deren Flächen nahezu rechtwinklig aufeinander stehen; ihre stumpfen Winkel betragen 119° 48′ und 119° 30′. Beide Prismen kommen als Krystallflächen nicht vor.

Die Krystalle nach dem II. Typus, welche durch eine eigenthümliche Hemiëdrie ausgezeichnet sind, kommen in Zwillingen vor, deren Axen Flächennormalen der Prismen ($5\, a : \infty\, b : c$) und ($^5/_3\, a : \infty\, b : c$) sind, welche Prismen auch nahezu aufeinander rechtwinklige Flächen haben. Ist eine Fläche des letztern Prismas Zwillingsebene, so ist das Gesetz dasselbe, nach welchem gewöhnlich die Zwillinge des I. Typus, so wie stets diejenigen des III. gebildet sind, bei welchem letztern die Zwillingsebene das Zeichen ($3a : \infty\, b : c$) erhält.

2) Zwillingsebene die Fläche eines Prismas von nahezu 90°.

Hauptbeispiele sind hier Staurolith und Bournonit.

Staurolith (Fig. 109.).

Als Zwillingsebene tritt eine Fläche des Längsprismas ($\infty\, a : b : {}^3/_2\, c$) auf; es sind Durchwachsungszwillinge und die Hauptaxen beider Individuen durchkreuzen sich unter 88° 30′, es wird also auf diese Weise eine pseudoquadratische Symmetrie hergestellt, indem die Endflächen ein nahezu quadratisches Prisma bilden. Wäre das Axenverhältniss das schon oben angeführte Haüy'sche, so kreuzten sich die Individuen genau unter 90°. Bei vollkommen regelmässiger Ausbildung wird die Grenze beider Individuen durch 12 einspringende Zwillingskanten gebildet, von denen je sechs in einer Ebene liegen und ein symmetrisches Hexagon darstellen mit Winkeln von 143° 8′ und 108° 26′.

Es sind nun wie bei den Durchkreuzungen unter 60° interessante Beziehungen zum regulären System vorhanden. Fasst man die Zusammensetzungsflächen als 2 Hexaëderflächen auf, so stellen die End- und Längsflächen Dodekaëderflächen dar, die Prismenflächen 16 Flächen des Ikositetraëders ($a : a : {}^1/_3\, a$).

---

*) G. vom Rath, Poggend. Ann. Erg. Band V S. 321.

Bournonit.

Zwillingsaxe ist die Normale einer Fläche des verticalen Prismas von 93° 40′, die Zwillinge sind theils Aneinanderwachsungs- theils Durchwachsungszwillinge. Bei erstern herrscht gewöhnlich das Grundoktaëder, so bei den grossen Krystallen von Neudorf am Harz, Horhausen bei Neuwied; die an der Zwillingsgrenze zusammentreffenden Oktaëderflächen beider Individuen fallen nahezu in eine Ebene, so dass man derartige Krystalle leicht für einfache halten kann. Es findet dann auch zuweilen eine Wiederholung mit parallelen Zwillingsebenen statt, so dass in ein Hauptindividuum verschiedene Zwillingsstücke eingeschaltet sind.

Die Durchwachsungszwillinge aus Cornwall sind meist nach der Endfläche tafelförmig, seitlich begrenzt von der meist verlängerten Längsfläche und der kleinern Querfläche. Die Durchkreuzung findet in ähnlicher Weise, wie beim Staurolith statt, die Längsflächen bilden einspringende Winkel von 93° 40′ und 86° 20′, natürlich stehen auch die Querflächen nahezu aufeinander rechtwinklig.

Bei den Englischen Krystallen sowohl wie bei den Siebenbürgen'schen tritt die Kreuzform meist zurück, indem sich in den einspringenden, nahezu rechten Winkel neue Zwillingsindividuen einschieben. Wäre der Prismenwinkel des Zwillingsprismas genau 90°, so könnten sich nur 2 Individuen rechtwinklig durchkreuzen, jedes neu hinzukommende müsste mit einem der beiden in paralleler Stellung stehen; da aber der Winkel nicht genau 90° beträgt, so kann sich an ein jedes Individuum I, ausser II auch ein Individuum III anlegen, welches mit II nicht genau zusammenfällt, sondern einen Winkel von 7° 20′ in der Längsfläche bildet, ebenso ein neues an II und so fort an die Individuen III, IV etc. (Fig. 255). Es entsteht dann eine radähnliche Verwachsung, bei welcher die einzelnen Individuen gewissermassen als Speichen erscheinen, worauf sich der Name Rädelerz der Siebenbürgen'schen Bergleute bezieht. Auf diese Weise können sich 23 Individuen durchwachsen, das Rad hat also 46 Speichen! An den Grenzen zweier angrenzender Individuen treten mehr oder minder deutlich einspringende Winkel auf.

3) Zwillingsaxe die Flächennormale eines Prismas von ungefähr 109° 28′.

Hierher gehören die häufigsten Zwillinge des Markasits und die seltenen des Arsenikkieses.

Markasit.

Das verticale Hauptprisma, welchem die Zwillingsebene angehört, hat einen stumpfen Winkel von 106° 2′. Es kommen zunächst einfache Aneinanderwachsungszwillinge mit der Zwillingsebene vor, bei denen das verticale Hauptprisma mit dem Längsprisma ($\infty a : b : {}^1/_3 c$) combinirt ist. Häufig sind wiederholte Zwillingsbildungen.

1) Wiederholung mit parallelen Zwillingsebenen, die einzelnen Individuen sind in der Richtung der Zwillingsebene verlängert, sie haben eine verschiedene Grösse und indem an der Zwillingsgrenze bald aus- bald einspringende Winkel zur Erscheinung kommen, so entstehen eigenthümliche kammförmige Gestalten, der sog. Kammkies, welcher sich in Derbyshire, Clausthal etc. findet.

2) Kreisförmige Wiederholung mit geneigten Zwillingsebenen. Die Zwillingsaxen sämmtlicher Individuen fallen in eine Ebene, die gerade Endfläche.

Die Individuen legen sich in der Art zwillingsartig aneinander, dass die spitzen Prismenwinkel nach innen zu liegen kommen. Während bei einer derartigen Verwachsung von regulären Oktaëdern 5 Individuen den Kreis nahezu schliessen, so können hier nur 4 Individuen vollständig entwickelt sein, da die Prismenflächen des Individuums I und IV für das V. nur einen Raum von 64° übrig lassen, in welchen das Prisma mit dem spitzen Winkel von 74° nicht vollständig hineinpasst. Die Individuen sind in der Art ausgebildet, dass das Hauptlängsprisma vorherrscht, das verticale Prisma ganz zurücktritt. An den Zwillingsgrenzen stossen dann von jedem der Individuen 4 Flächen des Längsprismas in einer Ecke zusammen, welche ein Speer-artiges Aussehen hat, weshalb diese Zwillinge auch Speerkies genannt werden, sie finden sich eingewachsen im Kreidemergel von Folkestone, Misdroi etc. Die Spitze tritt mitunter dadurch mehr zurück, dass an der Zwillingsgrenze Flächen der verticalen Prismen einspringende Winkel bilden.

B. Oktaëdrische Zwillinge.

Derartige Zwillinge kommen beim rhombischen Schwefel *) vor und zwar nach 3 Gesetzen:

1) Zwillingsaxe die Normale einer Fläche des verticalen Hauptprismas,
2) des Hauptlängsprismas,
3) des Hauptquerprismas.

Zwillinge nach dem 1. Gesetz (Fig. 129).

Die Figur stellt einen einfachen Aneinanderwachsungszwilling dar, bei welchem die Zwillingsebene zugleich Zusammensetzungsfläche ist. Die geraden Endflächen beider Individuen fallen in eine Ebene und die Oktaëderflächen bilden in der Zwillingsebene auf der einen Seite (in der Figur vorn) einspringende, auf der andern ausspringende Winkel; $o/\underline{o} = 157°$ 18′, $\frac{1}{3}o/\frac{1}{3}\underline{o} = 163°\ 6'$.

Die bei Cattolica in Sicilien vorkommenden Zwillinge sind mit der Seite aufgewachsen, an welcher die ausspringenden Zwillingskanten liegen, so dass die einspringenden sichtbar sind.

Die Zwillinge nach dem 2. Gesetz (Fig. 130) sind gleichfalls Aneinanderwachsungszwillinge mit der Zwillingsebene. Die Oktaëderflächen bilden auch hier auf der einen Seite ein- auf der andern ausspringende Winkel, wie die gestrichelten Linien es anzeigen.

Im Gegensatz zu den Zwillingen nach dem 1. Gesetz kommen jedoch hier nur die ausspringenden Zwillingskanten zur Erscheinung, da die einspringenden auf der Seite liegen, mit welcher die Krystalle aufgewachsen sind. Die Oktaëderflächen, welche mit der Zwillingsebene in einer Zone liegen, sind stark prismatisch ausgedehnt, die Endigung dieses Prismas bilden dann die übrigen Flächen der Grundform o und des Oktaëders $\frac{1}{3}o$, deren Zwillingskanten $o/\underline{o}$ 130° 45′, $\frac{1}{3}o/\frac{1}{3}\underline{o} = 172°\ 29'$ messen.

Die Zwillinge nach dem 3. Gesetz sind nicht einfache Aneinanderwachsungszwillinge mit der Zwillingsebene, die Zusammensetzungsfläche hat einen unregelmässigen Verlauf; die Individuen stehen gegen dieselbe nicht symmetrisch, so dass unregelmässige Zwillingskanten, das heisst Kanten von einander nicht entsprechenden Flächen zur Erscheinung kommen. Aus-

*) G. vom Rath, Poggend. Ann. Band 155 S. 41.

serdem kommen auch Durchwachsungszwillinge vor; Fig. 131 stellt eine Projection auf die Längsfläche dar.

3. Zwillingsaxe eine krystallographische Grundaxe.

Zwillingsbildung nach diesem Gesetz ist nur bei hemimorphen Krystallen, z. B. des Kieselzinkerzes möglich, da, wenn bei vollflächig ausgebildeten Krystallen Individuum II gegen I um 180° in einer Grundaxe gedreht wird, beide Individuen eine parallele Stellung erhalten. Auch bei hemimorphen Krystallen ist eine Zwillingsbildung nur möglich, wenn die Zwillingsaxe senkrecht auf der hemimorphen Axe steht; also beim Kieselzinkerz eine der krystallographischen Nebenaxen ist. Die in Zwillingsstellung befindlichen Individuen entsprechen in ihrer Ausbildung im Allgemeinen der Fig. 6, nur ist die gerade Endfläche stark ausgedehnt, so dass Haupt-, Längs- und Querprisma verdrängt werden, ferner fehlt die Querfläche; die Flächen des verticalen Hauptprismas, des Oktaëders und des Querprismas $3d$ stossen in einer Ecke zusammen.

Die Zusammensetzungsfläche ist die gerade Endfläche und entspricht nicht der Zwillingsebene, da die Zwillingsaxe in ihr liegt. Durch die Zwillingsverwachsung kommen in der Zusammensetzungsfläche die an den antilogen Polen befindlichen Oktaëderflächen nebeneinander zu liegen und bilden auf beiden Seiten einspringende Winkel. Die Längsflächen beider Individuen fallen in eine Ebene, sie entsprechen der Zwillingsebene, wenn man die b Axe als Zwillingsaxe nimmt. Es ist leicht ersichtlich, dass man theoretisch zu demselben Ziele gelangt, wenn man die a Axe als Zwillingsaxe nimmt, was jedoch weniger der Ausbildung der Krystalle entspricht. Wären die Individuen in der Richtung der Hauptaxe näher aneinander gerückt, so würden die Oktaëderflächen schliesslich ganz verschwinden, die Prismenflächen fielen zusammen und es entstände ein Zwilling, welcher das Aussehen eines vollflächig ausgebildeten Krystalles hätte, der an beiden Enden die Flächen $3d$ und f zeigte, was bei den einfachen Krystallen nicht vorkommt.

Aehnliche Zwillinge treten auch beim Struvit auf und es wäre eine Zwillingsverwachsung, nach diesem Gesetz auch bei den tetraëdrischen Krystallen z. B. des Bittersalzes möglich, sie ist jedoch noch nicht beobachtet.

4. Doppelzwillinge.

1) Doppelzwillinge, deren eine Zwillingsebene einer Oktaëderfläche, die andere einem Prisma angehört, kommen beim Kupferglanz z. B. von Bristol in Connecticut vor (Fig. 126). Die in der Figur als Einzelindividuen gezeichneten Krystalle sind die S. 113 beschriebenen Zwillinge, welche sich nahezu rechtwinklig durchdringen (S. 107).

2) Doppelzwillinge, deren Zwillingsebenen zwei verschiedenen Prismen gehören, zeigt der Markasit*). Die S. 121 beschriebenen Vierlings- resp. Fünflingstafeln, deren Zwillingsebene eine Fläche des verticalen Hauptprismas ist, sind wieder nach dem beim Arsenikkies häufigern Gesetz, Zwillingsaxe die Normale des Hauptquerprismas, dessen stumpfer Winkel hier 115° 30′ beträgt, durcheinander gewachsen, so dass sich die Endflächen der beiderseitigen Tafeln unter dem Winkel des Querprismas kreuzen.

Allgemeine Betrachtungen über die Zwillinge des rhombischen Systems.

Im quadratischen System geht die Zwillingsbildung in den meisten Fällen in der Weise vor sich, dass eine Flächennormale des 1. stumpfern Oktaëders Zwillingsaxe ist. Ueberträgt man dies Gesetz auf das rhombische System, so bekommt es zunächst einen doppelten Ausdruck, Zwillingsaxe eine Flächennormale des Haupt-, Längs- oder Querprismas, also der Abstumpfungsflächen der Endkanten der Grundform; da nun aber die Wahl der Endkanten hier eine willkürliche ist, so kann auch eine Flächennormale des verticalen Prismas Zwillingsaxe werden, und allgemein erhält man als das im rhombischen System häufigste Gesetz, Zwillingsaxe die Flächennormale eines Prismas.

Die im quadratischen und rhombischen System häufigsten Zwillingsbildungen stehen mithin in innigem Zusammenhange.

Ferner erklärt sich die Häufigkeit des Gesetzes auch daraus, dass ein rhombischer Krystall durch eine Prismenfläche in zwei symmetrische Hälften getheilt wird, während dies durch eine Oktaëderfläche nicht der Fall ist. Nimmt man ein Oktaëder, z. B. das Grundoktaëder des Schwefels und theilt das-

*) Mohs, Leichtf. Anfgr. d. Naturg. d. Mineralr. Wien 1839 Band II Fig. 61.

selbe durch eine Prismenfläche in 2 Hälften, gleichviel was für einem Prisma die Theilungsfläche angehört, so wird jede Hälfte eine monokline Pseudosymmetrie haben, indem die 4 Oktaëderflächen, welche mit der Theilungsfläche in einer Zone liegen, als Flächen eines verticalen Prismas, die 4 andern als Flächen eines schiefen Prismas betrachtet werden können. Die Theilungsfläche ist dann die Querfläche und es haben nach Drehung um 180° die beiden Hälften gegen dieselbe eine gleiche und symmetrische Lage, da die Zwillingsaxe in der Symmetrieebene des monoklinen Systems liegt.

Theilt man dagegen dasselbe Oktaëder parallel einer Oktaëderfläche, also bei monokliner Stellung parallel dem vertical gestellten Prisma, so entstehen zwar zwei gleiche, aber keine symmetrischen Hälften und es kann auch durch Drehung keine Symmetrie hergestellt werden, da die Zwillingsaxe in keiner Symmetrieebene liegt.

Hierin liegt auch der Grund, dass die Zwillingsbildung nach dem Gesetz, Zwillingsaxe die Normale einer Oktaëderfläche, so selten ist. In den wenigen Fällen, wo sie beobachtet ist, ist durch die Winkel eine Annäherung an eine höhere Symmetrie gegeben; so beim Staurolith an die reguläre mit Durchkreuzung unter ungefähr 60°, beim Kupferglanz dadurch, dass die Endflächen der beiderlei Individuen nahezu aufeinander rechtwinklig stehen. Fasst man die beiden Individuen des Staurolith als regulär auf, so würde das Zwillingsgesetz lauten, Zwillingsaxe die Normale einer Dodekaëderfläche, ein Gesetz, welches im regulären System nur bei hemiëdrischen Formen Zwillinge hervorrufen kann.

Durch die Zwillingsbildungen, bei denen eine Prismenfläche Zwillingsebene ist, werden vornehmlich zwei Pseudosymmetrieen, die hexagonale und quadratische hervorgerufen. Die hexagonale entsteht bei der so häufigen Zwillingsbildung, Zwillingsaxe die Flächennormale eines Prismas von ungefähr 120°. Wie gross die Neigung zu dieser Art der Zwillingsbildung ist, ersieht man daraus, dass auch solche Prismen als Zwillingsprismen auftreten, welche an den Krystallen selbst nicht ausgebildet sind, wie z. B. beim Weissbleierz (Fig. 124), beim Arsenikkies (Fig. 128) und besonders auch beim Humit. Dies Mineral zeigt auch das Verhalten sehr schön, demzufolge

tigt, die Einzelindividuen haben die Gestalt El. I Fig. 181, durch die Zwillingsbildung kommen an das eine Ende die Flächen des vordern schiefen Prismas der Grundform von beiden Individuen, an das andere die des hintern schiefen Prismas zu liegen. Nur das erstere Ende ist ausgebildet, mit dem andern sind die Krystalle aufgewachsen; die hemimorphe Ausbildung steht hier in direkter Beziehung zu dem pyroëlektrischen Verhalten, indem bei diesen Zwillingen die Hauptaxe zugleich pyroëlektrische Axe ist, die Krystalle an dem freien Ende antilog, an dem aufgewachsenen analog elektrisch sind.

Eine grosse Aehnlichkeit mit den Zwillingen des Aragonits von Bilin (Fig. 118) haben die des Pistazit, wenn man die nach der *b* Axe stark ausgedehnten Krystalle mit dieser Axe vertical stellt; dem Prisma *g* des Aragonits entspricht dann die Querfläche und die Basis, das heisst die beiden Spaltungsflächen, den Flächen *b* die hintere schiefe Endfläche, den Flächen *f* das hintere schiefe Prisma der Grundform *).

Beim Wolfram **) (die Entwickelung der Individuen zeigt Fig. 140) giebt sich die Annäherung in den Winkeln zu dem rhombischen System darin zu erkennen, dass die Flächen des basischen Prismas in der Zwillingsebene fast genau in eine Ebene fallen, sie bilden einen einspringenden Winkel von 178° 54'; derartige Zwillinge kommen bei Schlaggenwald und Zinnwald im Böhmischen Erzgebirge vor.

Beim Skolezit von Island und Pistazit aus dem Untersulzbachthal findet eine parallele Wiederholung der Zwillingsbildung statt, besonders bei letzterm sind häufig in ein herrschendes Individuum Zwillingslamellen eingeschaltet.

b) Aneinanderwachsungszwillinge senkrecht gegen die Zwillingsebene.

Diese Art der Verwachsung kommt in ausgezeichneter Weise beim Orthoklas vor, man bezeichnet sie auch mit dem Namen Karlsbader Gesetz, da in dem Karlsbader Granit häufig Zwillinge nach diesem Gesetz eingewachsen sind. Fig. 135 stellt zwei vollkommen regelmässig gedachte Hälften eines Krystalls dar,

---

*) v. Kokscharow, Materialien zur Mineral. Russlands III, S. 344, G. vom Rath, Poggend. Ann. 113, S. 283 und 138, S. 492.

**) Descloizeaux, Ann. Chem. Phys. [4] XIX, S. 168 und Comptes Rendus 69, S. 868.

welche am Ende nur die Basis c (P) *) und steile hintere schiefe Endfläche $^1/_2 d'$ (y) zeigen und in der Längsfläche aneinandergewachsen sind. Diese Zwillingsbildung erhält man, wenn man in derselben Weise, wie bei den vorigen Zwillingen eine Hälfte gegen die andere in der Querfläche, also senkrecht gegen die Zusammensetzungsfläche dreht oder wenn man die Drehung in der Kante des verticalen Prismas ausführt. Demnach könnte man auch diese Kante, also die Hauptaxe als Zwillingsaxe betrachten. Immer kommt neben der Basis des einen Individuums die hintere schiefe Endfläche des andern zu liegen. Die Krystalle dringen stets ineinander (Fig. 136), so dass die Zusammensetzungsfläche unregelmässig, in den einzelnen Theilen jedoch geradflächig verläuft. Dadurch, dass der Orthoklas nach der Basis deutlich spaltbar ist, tritt bei den Bruchstücken der Zwillinge der Verlauf der Zusammensetzungsfläche deutlich hervor, derselbe wird kenntlich, indem bei dem einen Individuum die Spaltungsflächen nach der entgegengesetzten Richtung einfallen, wie bei dem andern. Auf diese Weise ist es auch möglich, diese Zwillingsverwachsung an Stücken zu erkennen, welche nur von Spaltungsflächen begrenzt sind. Die Verwachsung der Individuen kann nun eine doppelte sein, je nachdem an einem Individuum in normaler Stellung das Zwillingsindividuum auf der rechten oder linken Seite liegt. Demnach unterscheidet man rechte und linke Zwillinge, Fig. 135 und 137 stellt rechte, Fig. 136 und 138 linke Zwillinge dar. Die aufgewachsenen Zwillinge nach diesem Gesetz, wie sie in Drusen des Granits von Elba, Striegau, des Riesengebirges vorkommen, erhalten dadurch ein anderes Aussehen, als die eingewachsenen, dass bei den Individuen hinten nicht $2d'$ (y), sondern d' (x) herrscht, welches gegen die stumpfe Prismenkante von 118° 48′ fast gleich geneigt ist, wie die Basis, so dass diese Fläche des einen Individuums mit der Basis des andern fast genau in eine Ebene fällt (Fig. 137, 138). Die Zwillingsbildung tritt dann dadurch hervor, dass die Basis glatt und glänzend, die hintere schiefe Endfläche dagegen matt und rauh ist, so dass neben die glänzende

*) Neben den schon in den Elementen durchgeführten Bezeichnungen der Flächen sind die für den Orthoklas allgemein üblichen in Klammern beigefügt.

Fläche des einen Individuums die matte des andern zu liegen kommt. Der Verlauf der Grenze zwischen beiden Individuen ist ein unbestimmter, zuweilen etwas welliger wie bei den Horizontalprojectionen (Fig. 137 und 138). Auch hier kommt wiederholte Zwillingsbildung vor, in der Art, dass in ein Hauptindividuum Zwillingsstücke eingeschaltet sind.

c) Durchwachsungszwillinge.

Dieselben sind nicht häufig. Häufiger erscheinen Ineinanderwachsungszwillinge z. B. bei der Hornblende, ein Individuum herrscht vor und ist nur an einem Ende mit einem Zwillingsstück versehen, die Krystalle erscheinen dann an diesem Ende als Zwillinge, an dem andern als einfache Krystalle. Dies Verhalten kann man häufig bei den Hornblendekrystallen aus den basaltischen Tuffen Böhmens beobachten.

2) Zwillingsaxe die Normale der Basis.

a) Einfache Aneinanderwachsungszwillinge mit der Zwillingsebene kommen verhältnissmässig selten vor. Fig. 144 stellt einen derartigen Zwilling des Orthoklases dar, bei welchem die Individuen die Ausbildung von Fig. 23 haben, nur fehlen die Flächen $2f$ (n), aber es ist noch 2 d' vorhanden. Derartige Zwillinge kommen eingewachsen in dem verwitterten Porphyr von Manebach bei Ilmenau vor, weshalb das Gesetz auch das Manebacher genannt wird.

Die Längflächen beider Individuen fallen in eine Ebene, an dem einen, in der Figur dem vordern Ende, bilden an der Zwillingsgrenze die Flächen $2d'$ einen ausspringenden Winkel und rechts und links davon die Prismenflächen einspringende Winkel, an dem entgegengesetzten Ende die Flächen $2d'$ einen einspringenden, die Prismenflächen ausspringende Winkel. Durch die Zwillingsbildung wird hier an den Enden der a Axe die rhombische Symmetrie hergestellt, in ähnlicher Weise, wie dies bei den Zwillingen nach der Querfläche an den Enden der Hauptaxe der Fall ist. Die Hauptspaltungsflächen nach der Basis und der Längsfläche fallen natürlich bei beiden Individuen zusammen, was häufig die Erkennung dieser Zwillinge erleichtert. Das Gesetz lässt sich auch so ausdrücken, Zwillingsaxe die a Axe, Zwillingsebene die darauf senkrechte Ebene, welche nicht krystallonomisch ist. Da aber die Zusammensetzungsfläche

die Basis ist, ist es vorzuziehen, dieselbe als Zwillingsebene aufzufassen.

Beim Titanit kommen nach demselben Gesetz Zwillinge von Individuen der Form Fig. 141 vor, an der Schwarzensteiner Alp am Rothenkopf im Zillerthal.*) Es herrscht das vordere schiefe Prisma n ($a : {}^1/_2 b : {}^1/_3 c$), begrenzt von der Basis, klein sind die schiefe Endfläche d und das schiefe Prisma f ($\infty a : b : c$) aus der Diagonalzone der Basis vorhanden. Die Basis ist vertical gestellt, um die Zwillingsbildung anschaulicher zu machen. Die punktirten Linien bezeichnen die Zwillingsebene. Fig. 142 stellt den herzförmigen Zwilling dar, welcher dadurch entstanden ist, dass bei Fig. 141 die vordere Hälfte um 180° gedreht ist. Die Flächen n bilden dann auf der untern Seite ausspringende Winkel, auf der obern einspringende, wie auch die Flächen d.

Aneinanderwachsungszwillinge mit einer auf der Basis senkrechten Ebene zeigt beim Titanit die obere und untere Hälfte von Fig. 143, die Individuen sind hier mit der Querfläche verwachsen, die Basen fallen in eine Ebene und die schiefen Endflächen ${}^1/_2 d$ bilden einen einspringenden Winkel von 94° 36′.

Durchwachsungszwillinge sind beim Titanit sehr häufig, wie in Fig. 143, bei welcher die beiden obern Theile sowie die beiden untern mit der auf der Zwillingsebene senkrechten Querfläche, die beiden vordern und beiden hintern mit der Zwillingsebene selbst verbunden sind; an derselben bilden die Flächen d einen einspringenden Winkel von 120° 54′. Die Durchkreuzung ist mehr oder minder regelmässig, auch das Aussehen der Zwillinge je nach der Ausbildung der Individuen verschieden. Häufig sind die Individuen stark in die Länge gezogen in der Richtung der b Axe und nach der Basis tafelförmig, so dass die einspringenden Winkel der Flächen ${}^1/_2 d$ und d als lange Rinnen erscheinen, von denen die erstere mehr zurücktritt, wenn die Individuen mit ihren Basen näher aneinander gerückt sind. Sind die Endflächen ${}^1/_2 d$ und d stark entwickelt, so werden auch die Rinnen sehr tief. In diesem Fall fehlen häufig die Prismen-

*) Hessenberg, Abh. d. Senckenb. Naturf. Ges. in Frankfurt a. M., Band VIII.

flächen g und an Stelle derselben bilden die Flächen des schiefen Prismas s $(a : {}^1/_4 b : c)$ die seitliche Begrenzung.

Die einfachen Durchwachsungszwillinge des Harmotoms (Fig. 145) stimmen in Bezug auf die Stellung und Durchdringung der Individuen mit den Titanitzwillingen (Fig. 143) überein. Das abweichende Aussehen rührt zunächst daher, dass Basis und Längsfläche stark nach der aAxe in die Länge gezogen sind, die Basen beider Individuen fallen in eine Ebene, ohne dass wie beim Titanit ein einspringender Winkel erscheint; die Zwillingsgrenze auf der Längsfläche erkennt man daran, dass diese parallel der Kante mit dem verticalen Prisma gestreift ist, so dass die Streifen an der Zwillingsgrenze federartig zusammenstossen. Basis und Längsfläche der beiden Individuen bilden ein rektanguläres Prisma, bei welchem die Basen die breitere Fläche darstellen. Die Endigung dieses Prismas bilden die Flächen der verticalen Prismen g und die Querflächen a, von denen die erstern als ein rhombisches Oktaëder mit 120° 1′ und 121° 27′ Endkantenwinkel erscheinen, die letztern das Hauptlängsprisma dieses Oktaëders sind. Die gleiche Ausbildung beider Enden des rektangulären Prismas ist die Folge davon, dass es Durchwachsungszwillinge sind.

Die Aehnlichkeit dieser Krystalle von Strontian in Schottland mit dem rhombischen System ist so täuschend, dass es erst Descloizeaux*) auf optischem Wege gelungen ist, die wahre Zwillingsnatur zu erkennen. Eine reguläre Pseudosymmetrie ist gleichfalls unverkennbar; denkt man sich die Querflächen fort, so entspricht der Zwilling einem nach einer Grundaxe verlängerten Dodekaëder, wobei die Winkeldifferenzen nur geringe sind.

3) Zwillingsaxe die Normale der vordern schiefen Endfläche $(a : \infty b : c)$.

Für diese Verwachsung liefert der Gyps ein gutes Beispiel, sie ist besonders auf die eingewachsenen Gypszwillinge beschränkt, z. B. auf die grossen linsenförmigen Krystalle aus dem Gyps von Paris.

Fig. 133 zeigt die Verwachsung zweier Hälften eines Individuums nach diesem Gesetz, die Flächen des verticalen Pris-

*) Descloizeaux, Mém. de la Société Impér. Minéral. de St. Pétersbourg 2. sér. Tome III, 1868.

mas bilden einspringende Winkel und die des vordern schiefen Prismas sind parallel, da die Zwillingsebene ihre Endkante gerade abstumpft. Die Hauptspaltungsflächen *b* fallen in eine Ebene; die beiden andern Spaltungsflächen fallen nicht zusammen, der fasrige Bruch (der hintern schiefen Endfläche entsprechend) des einen Individuums bildet an der Zwillingsgrenze mit dem muschligen Bruch (Querfläche) des andern Individuums einen stumpfen Winkel von 170° 45′, es erscheint also eine Linie, welche in einem Individuum dem einen, im andern dem andern Bruch entspricht in der Zwillingsgrenze 9° 15′ eingeknickt, woran man diese Art der Verwachsung auch bei Spaltungsstücken erkennen kann.

Bei den Pariser Zwillingen sind die Individuen linsenförmig, indem die Flächen des vordern schiefen Prismas der Grundform stark vorherrschen, sich nach hinten wölben und so in der Zwillingsgrenze unter einem spitzen ausspringenden Winkel zusammenstossen. Dieser spitze Winkel liegt da, wo die vollkommen regelmässig gedachten Zwillinge den einspringenden Winkel der Prismenflächen liegen haben (Fig. 134). An dem andern Ende stossen die gleichfalls gewölbten Flächen eines hintern schiefen Prismas *n* mit einspringendem Winkel zusammen.

Ausser den einfachen Zwillingen kommen auch Durchwachsungszwillinge vor, nach Analogie der Titanitzwillinge, ferner Ineinanderwachsungszwillinge, so dass ein Individuum über das andere übergreift und dieses zwillingsartig eingekeilt erscheint. Die Deutung aller dieser Zwillinge kann nach dem Vorhergehenden keine Schwierigkeiten mehr bereiten.*)

B) Zwillingsaxe die Normale einer Prismenfläche.

Wie beim rhombischen System haben die Zwillingsprismen Winkel von ungefähr 120°, oder 90°, die erstern treten jedoch sehr zurück und erklärt sich das Auftreten eines solchen beim Wolfram aus der nahen Beziehung, in welcher dessen Krystallreihe zum rhombischen System steht; die letztern kommen sehr schön beim Orthoklas, Harmotom und Schwefel vor.

1. Wolfram (Fig. 140). Es sind knieförmige Zwillinge**),

---

*) Hessenberg, Abh. d. Senckenb. Naturf. Ges. in Frankfurt a. M., Band VIII.

**) G. Rose, Poggend. Ann. 64, S. 171.

deren Zwillingsebene eine Fläche des basischen Prismas ($\infty a : b : {}^2/_3 c$), mit 120° 52′ in der Hauptaxe ist, die Querflächen fallen fast genau in eine Ebene, der einspringende Winkel an der Zwillingsgrenze muss 179° 2′ betragen, ist aber selten erkennbar, da die Querflächen stark vertical gestreift sind; ferner bilden noch die Flächen f des basischen Hauptprismas und g des verticalen Hauptprismas einspringende Winkel.

2. Orthoklas. Zwillingsaxe ist die Normale einer Fläche des basischen Prismas $2f$ (n), dessen Kante in c im Durchschnitt 90° 30′ misst*), also nur 30′ von 90° abweicht.

Nach diesem Gesetz sind die Individuen mit der Zwillingsebene verbunden. Bei dem gemeinen Feldspath herrscht meist wie bei Fig. 23 das von der Basis und Längsfläche gebildete rechtwinklige Prisma c/b (P/M) und da derartige Zwillinge sehr schön bei Baveno vorkommen, so hat man dieselben auch Bavenoër genannt. Sie finden sich aufgewachsen in Drusen des Granit, selten eingewachsen. Fig. 147 stellt einen derartigen Zwilling dar, neben b und c des einen Individuums kommen $\underline{b}$ und $\underline{c}$ des andern zu liegen; das auf diese Weise entstehende vierseitige Prisma hat nur 2 rechte Winkel $\underline{b}/\underline{c}$ und b/c, die Winkel an der Zwillingsgrenze sind etwas abweichend von einem rechten Winkel, $c/\underline{c}$ beträgt 89° 30′, $b/\underline{b}$ dagegen 90° 30′. Der Querschnitt jenes Prismas ist somit ein Deltoid, d. h. ein Trapezoid, welches durch diejenige seiner Diagonalen, die in der Zwillingsebene liegt, in zwei symmetrische Hälften getheilt wird. Die Spaltungsflächen der beiden Individuen c des einen und b des andern fallen mithin nicht genau zusammen.

Die beiden Enden des vierseitigen Prismas sind verschieden, das eine, in der Figur das vordere, zeigt keine einspringenden Winkel, die beiderseitigen Flächen des verticalen Prismas g (T) bilden einen sehr stumpfen Winkel an der Zwillingsgrenze, ebenso die der steilern schiefen Endfläche $2d'$ (y), der Winkel $d/\underline{d}$ ($x/\underline{x}$) ist weniger flach. Am andern Ende bilden dieselben Flächen einspringende Winkel. Dieses Ende ist jedoch nie zu sehen, da die Krystalle mit demselben aufgewachsen sind. Das

---

*) G. vom Rath, über die Winkel der Feldspathkrystalle, Pogg. Ann. B. 135, S. 454.

Aussehen des freien Endes kann sehr verschieden sein, je nach den vorherrschend entwickelten Flächen, beispielsweise sind ziemlich häufig die Flächen *o* stark ausgedehnt, sie stossen dann in der Zwillingsgrenze unter einem Winkel von 57° 57′ zusammen und bilden zuweilen allein die Endigung. In diesem Falle gleichen die Zwillinge einem quadratischen Prisma 2. Ordnung mit Tetraëder. Die übrigen Zwillinge zeigen eine weniger einfache Pseudosymmetrie.

Die Zwillingsgrenze verläuft nicht immer so regelmässig, wie in der Figur, es kommen auch Ineinanderwachsungszwillinge vor, indem ein Individuum in das Gebiet des andern hineinreicht. In diesem Falle kommen die *b*Flächen des einen Individuums neben die *c* des andern zu liegen, fallen aber nicht genau in eine Ebene, sondern bilden einen aus- oder einspringenden Winkel von 179° 30′. Die Zwillingsgrenze tritt dadurch bei den Krystallen von Baveno scharf hervor, dass die Flächen *c* glatt sind, *b* dagegen mit Chlorit bedeckt; auf diese Weise kommen in ein Hauptindividuum eingeschaltete Zwillingsstücke zur Erscheinung.

Dieselbe Zwillingsverwachsung ist auch beim Adular häufig, die Zwillinge haben dann dadurch mitunter ein anderes Aussehen, dass bei den Individuen das verticale Hauptprisma *g* (*T*) herrscht, die Längsfläche fehlt und die Basis *c* (*P*) mit der hintern schiefen Endfläche *d′* (*x*) die Endigung bildet (Fig. 152). Hier treten vorn noch die Prismenflächen auf, welche bei Fig. 147 durch 2*d′* (*y*) verdeckt sind, und bilden in der Zwillingsgrenze einen einspringenden Winkel. Sowohl bei den Bavenoër-Zwillingen wie beim Adular kommt häufig eine Wiederholung der Zwillingsbildung mit geneigten Zwillingsebenen vor und zwar zunächst Drillinge, dann auch Vierlinge.

Einen Drilling des Adular stellt Fig. 153 dar, das mittlere Individuum ist in normaler Stellung und rechts und links ist ein Individuum zwillingsartig angewachsen. Die Combinationskanten von *d′* und *c* und die *c*Flächen selbst bilden zwischen Individuum I und II sowie zwischen I und III einen Winkel von 89° 30′, daraus ergiebt sich, dass die Kanten des verticalen Prismas von II und III einen einspringenden Winkel von 179° bilden. Betrüge dieser Winkel genau 180°, so würden die Combinationskanten von *d′*/*c* und die *c*Flächen der Indivi-

duen II und III parallel laufen, diese Individuen befänden sich dann nach dem Gesetz, Zwillingsebene die Basis, in Zwillingsstellung, so dass durch die Drillingsbildung das Manebacher Gesetz nahezu hergestellt wird. Es wiederholt sich somit hier die schon beim Tridymit hervorgehobene Erscheinung, welche beim rhombischen System, Weissbleierz, Humit, wiederkehrte, dass durch Zwillingsbildung nach zwei verschiedenen Gesetzen zwei Individuen nahezu dieselbe Lage erhalten.

Die Drillinge kommen auch bei solchen Krystallen vor, welche wie der Zwilling Fig. 147 nach der Basis und Längsfläche prismatisch entwickelt sind, so bei Baveno, im Riesengebirge, auch in der Schweiz. Das herrschende Prisma ist nahezu ein rechtwinkliges, gebildet von den 3 Basisflächen der drei Individuen, von denen je zwei in Kanten von 89° 30′ zusammenstossen, und den Längsflächen von II und III, welche sich unter dem stumpfen einspringenden Winkel von 179° schneiden und wegen der geringen Abweichung dieses Winkels von 180° zusammenzufallen scheinen.

Ein Vierling (Fig. 154, Adular) entsteht nun dadurch, dass sich an Individuum II oder III ein IV. zwillingsartig anlegt, welches den Kreis schliesst. Die Kanten *c/d′* und die *c* Flächen selbst der in Zwillingsstellung befindlichen Individuen I und II, I und III, II und IV bilden dann Winkel von 89° 30′, mithin von III und IV, welche gegeneinander nicht in Zwillingsstellung stehen, 91° 30′. Wie bei dem Drilling Individuum II und III nahezu die Zwillingsstellung nach dem Gesetz, Zwillingsebene die Basis, hatten, ist dies hier bei I und IV auch der Fall. Die Adular-Vierlinge zeigen wohl nie die regelmässige kreuzförmige Verwachsung, wie sie Fig. 154 dargestellt ist, gewöhnlich ist ein Individuum kleiner.

Vierlinge von der Entwickelung, wie sie die Bavenoër-Zwillinge (Fig. 147) haben, sind nun bei vollkommen regelmässig gedachter Ausbildung dadurch erkennbar, dass das nahezu rechtwinklige herrschende Prisma nur von den Basen der IV Individuen gebildet wird; dieses Prisma hat keinen rechten Winkel, sondern 3 von 89° 30′ und einen von 91° 30′. Auch hier ist die Ausbildung wie bei den Zwillingen vielfach von der vollkommen regelmässigen abweichend, indem ein Individuum in den Bereich des andern hineintritt, so dass seine Längsflächen da zu liegen

kommen, wo das andere seine Basen hat, ohne dass diese Flächen genau in eine Ebene fallen.

Bilden die Flächen $d'(x)$ allein die Endigung, so hat der Vierling das Aussehen eines quadratischen Prismas mit Quadratoktaëder gleicher Ordnung.

C) Doppelzwillinge.

Zwillingsverwachsungen nach den beiden Gesetzen, Zwillingsaxe die Normale der Basis und Zwillingsaxe die Normale eines vordern schiefen Prismas kommen zusammen beim Orthoklas und Harmotom vor.

1. Orthoklas. Fig. 148 und 149*) stellen die Verwachsung nach dem 1. Gesetz dar, beide Figuren stehen gegeneinander in Zwillingsstellung nach dem 2. Gesetz, indem die Basisflächen des einen Zwillings da liegen, wo bei dem andern die Längsflächen. Durchdringen sich diese beiden Zwillinge, so kann dies auf doppelte Art geschehen, entweder so, dass an der Begrenzung nur die Basisflächen wie bei Fig. 151, oder nur Längsflächen wie bei Fig. 150 zur Erscheinung kommen. Fig. 151 zeigt nun eine ganz ähnliche Verwachsung wie Fig. 154, nur mit dem Unterschiede, dass je zwei gegenüberliegende von den Basen gebildete Kanten 90° 30′ betragen, je zwei 89° 30′, die Basen also ein rhombisches Prisma bilden. Die Entscheidung, ob man es mit wiederholter Zwillingsbildung nach dem Bavenoër-Gesetz oder mit Doppelzwillingen zu thun hat, ist nur durch genaue Messungen möglich, welche allerdings nur in seltenen Fällen wegen der ungünstigen Beschaffenheit der Flächen ausführbar sind.

Dieselbe Schwierigkeit der Deutung ist bei solchen Verwachsungen, bei denen jeder Theil g einem andern Individuum angehört, die Zwillingsgruppe also ein Achtling ist. Gehören bei Fig. 151 die Flächentheile g^2 zwei Individuen an, ebenso die $\underline{g}^2$, so ist die Zwillingsgruppe ein Sechsling. Man kann denselben als 2 Drillinge von Fig. 153 auffassen, deren mittlere Individuen nach der Basis zwillingsartig verwachsen sind, so dass g^2 gegen g^2 und $\underline{g}^2$ gegen $\underline{g}^2$ nicht in Zwillingsstellung befindlich sind. In diesem Falle bilden die in der Figur als ver-

*) G. vom Rath, Zeitschr. d. Deutsch. geol. Ges. 1862, S. 436.

ticale Linien erscheinenden Basisflächen an der Zusammensetzungsfläche der Drillinge, an der Linie $c^2/\underline{c}^2$ einspringende Winkel von 179°. Diese Verwachsung kommt beim Sanidin *) vor, die Endigung bilden die Flächen $d'(x)$, welche auch an der Zusammensetzungsfläche nicht genau in eine Ebene fallen, wodurch sich diese Sechslinge von den Vierlingen unterscheiden.

Die Winkel des herrschenden Prismas der Fig. 150 werden dieselben sein wie bei Fig. 151, nur mit dem Unterschiede, dass bei gleicher Stellung die stumpfen Winkel des einen da liegen, wo bei dem andern die spitzen. Geht z. B. die Zwillingsebene nach dem 2. Gesetz von links oben nach rechts unten, so liegt bei Fig. 150 links oben der Winkel von 90° 30′, bei Fig. 151 an derselben Stelle der von 89° 30′.

2. Harmotom. Die Fig. 146 entspricht in ihrer Verwachsung der Fig. 150, mit dem Unterschiede, dass zwischen je 2 Flächen *b* noch 2 Flächen *c* erscheinen, welche einen einspringenden Winkel von ungefähr 90° 16′ und 89° 44′ bilden, indem die Zwillingsebene einem Prisma von 89° 44′ in der Axe *c* angehört. Da die nach dem 1. Gesetz verbundenen Individuen schon Durchwachsungszwillinge sind, so ist die Zwillingsgruppe an beiden Enden gleich ausgebildet. Die Flächen *g* zweier angrenzenden Individuen fallen fast genau in eine Ebene, sie bilden auf der einen Seite ein-, auf der andern ausspringende Winkel von 179° 33′.

Wird der einspringende Winkel, welchen die Basen bilden, ausgefüllt, so erhalten die Krystalle noch ausgesprochener, als die einfachen Zwillinge (Fig. 145), die Gestalt eines Dodekaëders. Die Zwillingsnatur tritt jedoch deutlich durch die Streifung hervor.

Derartige Durchkreuzungszwillinge kommen bei Andreasberg vor und der ausgezeichneten Kreuzform verdankt das Mineral seinen Namen.

Die Durchkreuzungszwillinge selbst können wieder nach einem dritten Gesetz **) durchwachsen sein, Zwillingsaxe die Normale einer Prismenfläche.

Es fallen dann die Zwillingsebenen der Doppelzwillinge, in

---

*) G. vom Rath, Poggend. Ann. B. 138, Taf. IV, Fig. 17.

**) F. Köhler, Programm des Cölnischen Real-Gymnasiums, Berlin 1831.

denen die einspringenden Kanten der Basen liegen, zusammen, die einspringenden Kanten kreuzen sich unter nahezu 90° und die Prismenflächen fallen in eine Ebene. Durchkreuzen sich auf diese Weise 3 Doppelzwillinge, so wird durch die Prismenflächen ein Dodekaëder bestimmt, welches nur sehr wenig vom regulären Dodekaëder abweicht.

Allgemeine Betrachtungen über die Zwillinge des monoklinen Systems.

Die im rhombischen System am häufigsten vorkommenden Zwillinge, bei denen die Normale einer Prismenfläche Zwillingsaxe ist, sind im monoklinen System seltener. Dies erklärt sich leicht daraus, dass im monoklinen System die Krystalle durch eine Prismenfläche nicht wie im rhombischen System symmetrisch getheilt werden, was sowohl für die Flächen von verticalen, als schiefen Prismen gilt. Bemerkenswerth ist aber dabei der Umstand, dass die Prismen, deren Flächen Zwillingsebenen sind, Winkel von ungefähr 120° oder 90° haben, welche Winkel auch bei den Zwillingsprismen des rhombischen Systems vorherrschen. Die häufigsten Zwillinge des monoklinen Systems haben als Zwillingsaxe eine Linie, welche in der Symmetrieebene, der Längsfläche, liegt, und entsprechen den Zwillingen hemimorpher Krystalle im rhombischen System.

Von den durch die Zwillingsbildung erzeugten Pseudosymmetrieen ist die rhombische die häufigste und zwar bei einfachen Aneinanderwachsungszwillingen mit hemimorpher Ausbildung, nur bei den Durchwachsungszwillingen ist kein Hemimorphismus vorhanden. Höhere Pseudosymmetrieen, z. B. quadratische treten bei den wiederholten Zwillingsbildungen oder Doppelzwillingen auf. Letztere zeigen sogar beim Harmotom eine reguläre Pseudosymmetrie.

Zwillinge des triklinen Systems.

Die Zwillinge des triklinen Systems haben als Zwillingsaxen theils krystallonomische Linien, wie die Axen selbst, theils nicht krystallonomische, welche zu den Axen in einfacher Beziehung stehen, indem sie theils auf den Axen selbst, theils auf den Axenebenen senkrecht sind. Normalen zu andern Flächen kommen nur in seltenen Fällen als Zwillingsaxen vor. Im Folgenden sollen nur die besonders wichtigen Zwillinge der Feld-

späthe beschrieben werden, da die sonst noch beim Cyanit *), Kryolith **) und einigen andern Mineralien vorkommenden keine besondern Eigenthümlichkeiten zeigen.

1. Zwillingsaxe die Normale der Axenebene *a/c*.

Die Zwillinge nach diesem Gesetz kommen sehr häufig beim Albit ***) vor und sind dadurch charakterisirt, dass die Axenebene *a/c*, die Längsfläche, Zusammensetzungsfläche ist, also die Zusammensetzungsfläche zugleich die Zwillingsebene ist und die Zusammensetzungsflächen sich vollkommen decken.

Den Albitzwilling Fig. 155 erhält man daher einfach auf die Weise, dass man in der Axenebene *a/c* die eine Hälfte des Krystalls um 180° gegen die andere dreht. Es bilden dann die Basisflächen *c* und $\underline{c}$ (*P* und $\underline{P}$) einen ein- resp. ausspringenden Zwillingswinkel von 172° 48′, die hintern schiefen Endflächen *d* und $\underline{d}$ (*x*) einen desgleichen von 169° 44′. An der Zwillingsgrenze kommen gleiche Prismenflächen von beiden Individuen nebeneinander zu liegen, vorn g (*l*) und hinten *′g* (*T*), wie die Horizontalprojection Fig. 155a zeigt; ebenso liegen rechts und links gleiche der Grundform *o* angehörige Flächen und zwar an der Seite, an welcher die Endflächen einspringende Winkel bilden, die Flächen *o′*, an der andern Seite *′o′*. Bei dem Zwilling ist mithin rechts gleich links, also eine monokline Pseudosymmetrie hergestellt.

Ausser der Längsfläche haben die beiden Individuen keine parallele Fläche, annähernd parallel sind die Flächen *g* des einen und *′g* des andern Individuums; aber alle Zonen, denen die Längsfläche angehört, sind bei beiden Individuen parallel. Ausser beim Albit kommen Zwillinge nach diesem Gesetz auch bei den übrigen triklinen Feldspäthen, dem Oligoklas, Labrador und Anorthit vor. Beim Oligoklas und Anorthit fällt die Basis nicht wie beim Albit nach links ab, sondern nach rechts, wenn man die Krystalle mit denen des Albit in Einklang bringt. Demzufolge muss bei einem Fig. 155 entsprechenden Zwilling

---

*) G. Rose, Krystallochem. Mineralsystem, Leipzig 1852, S. 79 und Plücker, Poggend. Ann. 82, S. 58.

**) M. Websky, Neues Jahrbuch für Mineral. 1867, S. 810.

***) G. Rose, Gilbert's Ann. d. Phys. 1823, B. 73, S. 173.

der ausspringende Winkel der Basen oben liegen, der einspringende unten.

Die Zwillingsbildung ist häufig eine wiederholte mit parallelen Zusammensetzungsflächen und ganz in derselben Weise wie beim Aragonit von Bilin kommen vielfach eingeschaltete Zwillingslamellen vor, so dass die Basis und hintere schiefe Endfläche nach der schiefen Diagonale mehr oder minder fein gestreift erscheint, wie es Fig. 156 zeigt. Die Flächen *g* und *'g* bilden mit der Längsfläche *b* (*M*) etwas verschiedene Winkel, so dass, wenn bei wiederholter Zwillingsbildung neben *g* des einen Individuums *'g* des andern zu liegen kommt, wie bei Fig. 156, diese Flächen nicht genau in eine Ebene fallen, sondern da, wo die Basen einspringende Winkel bilden, unter einem äusserst flachen ausspringenden *α* zusammenstossen und bei dem ausspringenden Winkel der Basen unter einem einspringenden *ε*.

Diese Streifen kommen auch bei den übrigen triklinen Feldspäthen, dem Oligoklas, Labrador und Anorthit vor, weshalb man auch die triklinen Feldspäthe gestreifte nennt. Die Streifung liefert ein vorzügliches Mittel zur Unterscheidung von dem monoklinen Feldspath, da bei diesem keine Streifen vorkommen können, indem die Längsfläche als Symmetrieebene nicht Zwillingsebene sein kann; die Basis *c* (*P*) steht senkrecht auf der Axenebene *a*/*c* (*M*), so dass bei einer Verwachsung wie Fig. 155 die Basisflächen und hintern schiefen Endflächen der beiden Individuen in eine Ebene fallen müssen, also keine einspringenden Winkel entstehen können.

Die Aneinanderwachsungszwillinge kommen meist aufgewachsen vor, z. B. bei Schmirn in Tirol, wogegen die im Dolomit eingewachsenen Albite von dem Roc-tourné und von Bonhomme in Savoyen stets Durchwachsungszwillinge sind (Fig. 157 und 159*). Die Krystalle selbst zeigen eine eigenthümliche Ausbildung, sie sind tafelförmig nach der Längsfläche *b* (*M*), vorn liegen die Basen *c* (*P*), hinten ist besonders die hintere schiefe Endfläche 2*d'* (*y*) entwickelt, ausserdem Flächen der Grundform *o*; die Flächen des verticalen Prismas *g* (*T*, *l*) sind sehr klein, sie bilden vorn keine Kante, sondern stossen mit *c*

---

*) G. Rose, Poggend. Ann. B. 125, S. 457.

und $2d'$ in einer Ecke zusammen, so dass sie als kleine dreieckige Flächen erscheinen; die des Prismas $^1/_3 g$ (f) sind nur an der Zwillingsgrenze auf b (M) eine Furche bildend vorhanden.

Bei dem Zwilling Fig. 157 machen die Flächen c (P) der beiden Individuen am obern Ende einen einspringenden Winkel die Flächen $2d'$ dagegen einen ausspringenden, am untern Ende verhalten sich diese Flächen ganz ebenso, auch hier bilden die Flächen c einen einspringenden, $2d'$ dagegen einen ausspringenden Winkel. Zerbricht man den Zwilling parallel den Basisflächen (Fig. 159), so sieht man, dass die Spaltungsflächen c auf der hintern Seite jenseits der von $^1/_3 g$ gebildeten Furche einen ausspringenden Winkel bilden, die auf der vordern Seite dagegen einen einspringenden, so dass die rechte Fläche c des einspringenden Winkels der linken Fläche des ausspringenden parallel ist und umgekehrt, die linke des einspringenden der rechten des ausspringenden. Daraus ergiebt sich, dass der Krystall ein Durchwachsungszwilling ist, die beiden Krystalltheile diesseits der Rinne sind aneinandergewachsen mit der Längsfläche, ebenso die beiden Krystalltheile jenseits der Rinne, dagegen je zwei in der Rinne sich berührende Krystalltheile sind senkrecht gegen die Längsfläche verwachsen.

Während bei den einfachen Zwillingen die monokline Symmetrie immer nur mit Hemimorphismus verbunden stattfindet, da oben und unten verschieden ist, so ist bei den Durchwachsungszwillingen eine vollkommene monokline Symmetrie vorhanden, indem oben gleich unten ist.

2. Zwillingsaxe die Normale auf a in der Basis.

Diese Zwillingsbildung kommt in ausgezeichneter Weise bei der Periklin genannten Abänderung des Albits vor. Der Periklin (Fig. 160)*) ist dadurch charakterisirt, dass die Krystalle in der Richtung der b Axe stark ausgedehnt, dagegen in der c Axe mehr verkürzt sind; die Flächen des verticalen Prismas berühren sich bei Fig. 160 nur noch in Ecken, können aber auch soweit zurücktreten, dass sich die Basis c (P) und die hintere schiefe Endfläche d' (x) vorn in einer Kante schneiden.

Die Individuen sind mit der Basis verbunden, diese Flächen

*) G. Rose, Poggend. Ann. Bd. 129, S. 1.

sind zwar parallel, aber sie decken sich nicht vollständig, einzelne Stellen der Basis des einen Individuums treten aus der Basis des andern heraus, oder ziehen sich unter dieser zurück, da nur die kürzern, nicht aber längern Diagonalen der Flächen zusammenfallen. Die hintern schiefen Endflächen *d'* (*x*) beider Individuen sind deshalb auch nicht parallel, die Combinationskanten beider Flächen mit der entsprechenden Basis schneiden sich unter sehr spitzem Winkel. Die Längsflächen *b* (*M*) bilden an der Zwillingsgrenze auf der einen Seite eine einspringende, auf der andern eine ausspringende Kante, aber diese ein- und ausspringenden Kanten liegen bald auf der rechten, bald auf der linken Seite, wodurch bei diesen Zwillingen in ähnlicher Weise wie bei den Karlsbader Zwillingen des Orthoklases zwei Abtheilungen entstehen, die beide gleich häufig vorkommen.

Ausgehend von der normalen Stellung, derzufolge die obere Basis nach links einfällt, erhält man die Zwillinge der einen Abtheilung, wenn man bei zwei mit der Basis übereinanderliegenden parallelen Individuen das untere in der Zwillingsaxe, also senkrecht gegen die Basis, um 180° dreht, so dass beide Individuen sich mit der untern Basisfläche berühren, wie bei Fig. 160; der einspringende Winkel auf der Längsfläche liegt dann auf der rechten Seite, der ausspringende auf der linken Seite. Dreht man umgekehrt das obere Individuum, so sind beide Individuen mit den obern Basisflächen verbunden und der einspringende Winkel auf der Längsfläche liegt auf der linken Seite, der ausspringende auf der rechten (Fig. 162). Die ein- und ausspringenden Kanten auf den Längsflächen sind nicht immer parallel wie bei Fig. 160, sondern laufen häufig in einer mehr oder weniger schrägen, oft ganz unregelmässigen Richtung über *b* (Fig. 164). Durch diese abweichende Lage der Zwillingskanten wird jedoch kein neues Gesetz bezeichnet, dieselbe erklärt sich leicht daraus, dass die Zusammensetzungsfläche in seltenen Fällen eine Ebene, gewöhnlich eine krumme Fläche ist, wie das ja in der Regel der Fall ist, wenn die Zusammensetzungsfläche nicht zugleich Zwillingsebene ist. Trotzdem sind die äussern Basisflächen beider Individuen vollkommen parallel und von dem krummlinigen Verlauf der Zusammensetzungsfläche kann man sich auch leicht durch Zerschla-

gen der Krystalle überzeugen, in ganz ähnlicher Weise wie bei den Karsbader Zwillingen. Noch mannigfaltiger wird die Zwillingsbildung dann, wenn die beiden Individuen ineinandergewachsen sind (Fig. 164, Projection auf die Längsfläche), Theile des einen Individuums durch Theile des andern getrennt sind, wie es in derselben Weise bei den Zwillingen des Quarzes (Fig. 104) der Fall ist. Wiederholte Zwillingsbildung kommt mit parallelen Zusammensetzungsflächen beim Periklin, sowie beim Labrador vor, z. B. bei dem als Gemengtheil des Gabbros bei Volpersdorf in der Grafschaft Glatz vorkommenden Labrador sind häufig auf der Längsfläche nach diesem Gesetz eingeschaltete Zwillingslamellen als Streifen erkennbar.

Ausser diesen Zwillingen kommen auch solche vor, bei denen die Individuen mit der Zwillingsebene verbunden sind, also mit der in der kurzen Diagonale der Basis auf dieser senkrechten Ebene, so dass die Basisflächen beider Individuen in eine Ebene fallen. Es entstehen dadurch sechsseitige Prismen, deren beide vordern, sowie die hintern Prismenflächen untereinander gleich sind, in ähnlicher Weise wie bei den Zwillingen nach dem 1. Gesetz (Fig. 155).

Ein derartiger Zwilling besteht aus einer rechten und linken Hälfte; bleibt der linke Krystall in seiner normalen Lage und denkt man sich den rechten in der Zwillingsaxe um 180° gedreht, so liegen die Flächen *'g* (*T*) auf der vordern, die Flächen *g* (*l*) auf der hintern Seite, wie bei dem obern Theil der Fig. 163; denkt man sich den linken Krystall gedreht, so ist das Umgekehrte der Fall, vorn *g* und hinten *'g*, wie bei dem untern Theil der Fig. 163. Die Längsflächen bilden dann mit der Basis rechts und links gleiche Winkel, oben und unten aber verschiedene und zwar bei den Zwillingen, welche durch Drehung des rechten Krystalls entstehen, oben stumpfe, unten scharfe; bei denen, welche die Folge der Drehung des linken Krystalls sind, oben scharfe und unten stumpfe Winkel.

Diese Verwachsung kommt meist bei Durchwachsungszwillingen vor, deren Individuen dann nicht bloss mit der Zwillingsebene, sondern auch mit einer auf dieser senkrechten Fläche verbunden sind (Fig. 163). An dieser Fläche bilden die Längs- und Prismenflächen der beiden Individuen entweder aus- oder einspringende Kanten. Diese sind, wenn, wie bei

Fig. 163, zwei Individuen durcheinandergewachsen sind, von denen der linke Krystall sich in normaler Stellung befindet, ausspringend; wenn dagegen der rechte Krystall die normale Stellung hat, sind sämmtliche Kantenwinkel der Prismen- und Längsflächen einspringend. Die rechten und linken Seiten dieser Durchwachsungszwillinge sehen aus, wie die rechten und linken Seiten zweier Individuen, welche mit einer auf der Zwillingsebene senkrechten Fläche verwachsen sind, wie es bei Fig. 162 der Fall ist, deren rechte Seite der rechten Seite des Durchwachsungszwillings (Fig. 163) gleich ist.

Beim Anorthit ist dieses Gesetz nicht beobachtet, dagegen das folgende.

3. Zwillingsaxe die Axe *b* *).

Die Zwillingsebene ist keine krystallonomische Fläche.

a) Anorthitzwillinge vom Vesuv..

Man erhält einen einfachen Zwilling in der Weise, dass man zunächst zwei Anorthit-Individuen eine gleiche Stellung giebt, dann das eine 180° um die *b* Axe dreht und beide Individuen mit den Basen so aneinander fügt, dass die horizontale Diagonale beider Basen zusammenfällt (Fig. 166), die Basen also Zusammensetzungsflächen sind. Die Basen kommen dabei nicht zur Deckung, sondern Theile der einen ragen über Theile der andern hinaus (Fig. 166a). Die ausserhalb der Figur stehenden Buchstaben beziehen sich auf diejenigen Kanten, welche über den beiden Individuen gemeinsamen Theil der Basen hervorragen. Keine der Kanten der Basen kommt zur Deckung. Die Stellung der Basen erklärt sich leicht daraus, dass die Flächen des verticalen Prismas in ihnen Rhomboide bilden, deren längere Diagonalen zusammenfallen, so dass sich, wenn man das eine Rhomboid gegen das andere in der längern Diagonale um 180° dreht, die kürzern Diagonalen im Mittelpunkt schneiden müssen und nach vorn und hinten unter einem Winkel von 2° 23′ 20″ divergiren.

Die Axen *c* beider Individuen schneiden sich unter 6° 26′ 44″, die Prismenflächen beider Individuen haben eine umgekehrte Lage, neben *g* des einen liegt an der Zusammensetzungsfläche ′*g*

*) G. vom Rath, Poggend. Ann. Bd. 138,S. 449 und Bd. 147, S. 37.

des andern, neben $'g$ des einen g des andern. Während die Basis des in normaler Stellung befindlichen Individuums, in Fig. 166 des untern, nach rechts einfällt, ist die des Zwillingsindividuums, das ist des obern, wenn man dasselbe für sich betrachtet, nach links geneigt. Die einzigen parallelen Kanten bei beiden Individuen sind die Kanten, welche die Basen mit der vordern schiefen Endfläche $2d$ $(a : \infty b : 2c)$ und der hintern $2d'$ (y) bilden, da diese Kanten der Zwillingsaxe parallel laufen. Die Längsflächen beider Individuen bilden in der Zusammensetzungsfläche auf der einen Seite ein-, auf der andern Seite ausspringende Winkel.

Zur Unterscheidung von dem 2. Gesetz dienen folgende Merkmale, bei letzterm sind die a Axen beider Individuen parallel, während sich die b Axen schneiden, bei den vorliegenden Zwillingen ist das Umgekehrte der Fall; demnach sind die bei den Zwillingen nach dem 2. Gesetz sowohl unter sich als auch zuweilen mit der Zwillingsgrenze parallelen Kanten c/b (P/M) hier nicht parallel; die Kanten c/d' (P/x) sind bei den Zwillingen nach dem 2. Gesetz ebensowenig parallel, wie die Flächen d', $2d'$, was bei den andern Zwillingen der Fall ist. Bei beiden Gesetzen sind die Basisflächen der beiden Individuen parallel.

Ganz in derselben Weise, wie bei den Periklinzwillingen, sind auch bei den vorliegenden Anorthitzwillingen zwei Abänderungen möglich, je nachdem sich die Individuen mit den obern oder untern Basisflächen berühren. Im erstern Fall schneiden sich die Längsflächen beider Individuen auf der rechten Seite unter einspringenden, auf der linken unter ausspringenden Winkeln von 171° 20′, im zweiten Falle liegt rechts der ausspringende, links der einspringende Winkel. Dies Verhalten ist gerade umgekehrt wie beim Albit, da beim Albit bei normaler Stellung die Basis nach links, beim Anorthit dagegen nach rechts einfällt.

In den meisten Fällen ist nicht die Basis die Zusammensetzungsfläche, sondern eine andere auf der Zwillingsebene senkrechte Fläche. Diese fällt (Fig. 168) in die durch die b Axe bezeichnete Zone, sie fällt nach vorn steiler als die Basis ein und entspricht fast genau dem Zeichen $(^7/_8 a : \infty b : c)$. Aus der Figur ist ersichtlich, dass bei Zusammensetzung nach dieser

Fläche die beiden Individuen sich vollkommen decken, dieselbe muss also von den Prismenflächen in einem Rhombus geschnitten werden, denn nur bei einem Rhombus ist eine vollkommene Ueberdeckbarkeit durch Drehung in einer Diagonale möglich, was schon oben erwähnt wurde. In der Zusammensetzungsfläche bilden die verticalen Flächen Zwillingskanten, die Flächen $2d'$ (y) beider Individuen dagegen fallen in eine Ebene, da sie parallel sind, weshalb der Verlauf der Zwillingsgrenze auf dieser Ebene durch eine gestrichelte Linie angedeutet ist; die Zwillingsgrenze hat hier keine wirkliche Existenz. Die Verwachsung Fig. 168 stellt eine andere Abänderung, als Fig. 166 dar, indem die Längsflächen hier auf der rechten Seite ausspringende, auf der linken einspringende Winkel bilden.

Schliesslich kann auch die Zwillingsebene selbst Zusammensetzungsfläche sein. Die Zwillinge sehen dann denen nach dem 1. Gesetz darin ähnlich, dass rechts gleich links und eine monokline Pseudosymmetrie hergestellt ist, unterscheiden sich aber dadurch von diesen, dass die Basisflächen beider Individuen in eine Ebene fallen, indem die Basis senkrecht auf der Zwillingsebene steht, ferner dadurch, dass weder die Längsflächen noch die Combinationskanten b/c (M/P) der beiden Individuen parallel sind. Auch entstehen nicht zwei verschiedene Abänderungen, wenn man die rechte oder linke Hälfte eines Individuums dreht.

Diese Art der Verwachsung ist meist mit Durchwachsung verbunden, wobei dann die Fläche, welche nahezu ($^7/_8 a : \infty b : c$) entspricht, die 2. Zusammensetzungsfläche ist. Solche Durchkreuzungszwillinge sind wie die des Periklins doppelter Art, entweder bilden die Längsflächen an der Zusammensetungsfläche einspringende, oder ausspringende Winkel, je nachdem zwei einfache Zwillinge, deren Individuen mit der Zwillingsebene verbunden sind, sich mit der 2. Zusammensetzungsfläche so aneinander legen, dass die Längsflächen nach dieser hin convergiren oder divergiren.

Auch wiederholte Zwillingsbildung mit parallelen Zusammensetzungsflächen findet statt, sowie Einschaltung von Zwillingslamellen, welche dann stets nach dem rhombischen Schnitt eingeschaltet sind.

b) Oligoklaszwillinge (vom Vesuv). *)

Die nach diesem Gesetz gebildeten Oligoklaszwillinge haben die Eigenthümlichkeit, dass in Folge der Rechtwinkligkeit der Axen *a* und *b* das Gesetz auf dasselbe hinauskommt, wie das Periklingesetz, da die Normale auf *a* in der Basis mit der *b*Axe zusammenfällt. Daraus folgt, dass zwischen beiden Individuen sowohl die durch die *b*Axe bestimmten Zonen, wie beim Anorthit, als auch die durch die *a*Axe bestimmten, wie beim Periklin, zusammenfallen. Das Prisma des Oligoklases ist ein rhomboidisches, die Basis dagegen hat eine rhombische Gestalt und da die Individuen mit dieser verwachsen sind, so decken sich die Zusammensetzungsflächen. Die Hauptaxen beider Individuen bilden einen Winkel von 173° 51′; die Längsflächen 173° 4′. Die beiden möglichen Abänderungen, welche sich durch die Lage der ein- und ausspringenden Winkel der Längsfläche unterscheiden, stimmen mit denen des Anorthit überein, da sich hier auch die Basis nach rechts neigt. In der Ausbildung stimmen die Krystalle nicht mit dem Periklin überein, sondern sind in der Richtung der Hauptaxe verlängert und nach der Längsfläche tafelförmig.

4. Zwillingsaxe die Hauptaxe.

Zwillinge nach diesem Gesetz kommen beim Oligoklas und Anorthit vor, bei letzterm jedoch seltener. Die Zwillingsebene ist bei diesem Gesetz keine krystallonomische Fläche, sie ist auch nicht Zusammensetzungsfläche, dies ist die auf ihr senkrechte Längsfläche (Fig. 167, Oligoklas). Ein Zwilling, welchen man erhält, wenn man ein Individuum in der Mitte parallel der Längsfläche durchschneidet und die eine Hälfte gegen die andere in der Verticalaxe um 180° dreht, hat dieselben Prismenflächen, wie ein einfacher Krystall, auf der einen Seite *g*, auf der anderen *′g*. Dies dient zur Unterscheidung von den Zwillingen nach dem 1. Gesetz, bei denen sowohl vorn wie hinten gleiche Prismenflächen nebeneinander liegen (Fig. 155 und 155a).

An den Enden kommt neben die Basis des einen Individuums die hintere schiefe Endfläche *d′* (*x*) des andern zu liegen, in ähnlicher Weise wie bei den sogenannten Karlsbader Zwil-

---

*) G. vom Rath, Poggend. Ann. Bd. 138, S. 464.

lingen des Orthoklases (Fig. 136), demnach kann man wie bei diesen auch hier rechte und linke Zwillinge unterscheiden, Fig. 167 ist ein linker Zwilling. Während die beiden Enden der Karlbader Zwillinge gleich sind, sind die vorliegenden Oligoklaszwillinge oben und unten verschieden. An dem obern Ende ist die Basis des einen gegen die hintere schiefe Endfläche des andern Individuums unter einem einspringenden Winkel von 174° 24′ (beim Anorthit 174° 10′) geneigt (Fig. 167 a), an dem untern unter einem ausspringenden; das ist in gleicher Weise bei rechten und linken Zwillingen der Fall; bis jetzt sind nur die Enden mit einspringenden Winkeln beobachtet. Obgleich hier die Längsfläche nur Zusammensetzungsfläche, nicht Zwillingsebene ist, so begrenzen sich dennoch mit derselben die beiden Individuen äusserst scharf und ebenflächig, während bei den Karlsbader Zwillingen die Verwachsung krummflächig ist und nur im Allgemeinen der Längsfläche parallel geht. Die Längsflächen decken sich nicht, die Längsfläche des einen Individuums ragt über die Basis des andern hinaus, eine natürliche Folge davon, dass die Combinationskanten mit der Basis und der hintern schiefen Endfläche verschieden gegen die Verticalaxe geneigt sind; diese Kanten beider Individuen bilden in der Zusammensetzungsfläche beim Oligoklas einen Winkel von 0° 46′, beim Anorthit nur 0° 24′ 4″. In der Fig. 167 ist dieser Winkel etwas grösser gezeichnet, um ihn deutlicher zur Anschauung zu bringen.

Die Anorthitzwillinge nach diesem Gesetz haben manche Analogie mit denen nach dem 3. Gesetz. In beiden Fällen sind die Individuen um eine krystallographische Axe gedreht, die Zwillingsebene ist nicht krystallonomisch; die Individuen verbinden sich mit nicht congruenten Ebenen; die Längsflächen entsprechen bei den Zwillingen nach diesem Gesetz den Basisflächen bei den Zwillingen nach dem 3. Gesetz; die Flächen *c* und *d′* den Flächen des verticalen Prismas. In beiden Fällen haben die Individuen nur eine homologe Linie gemein, bei vorliegendem Gesetz die Verticalaxe. Während aber bei den letztern Zwillingen gewöhnlich eine Ausgleichung der nicht congruenten Ränder dadurch erfolgt, dass sich die Individuen mit einem rhombischen Schnitt verbinden (s. S. 146), so stehen hier die beiden Individuen ohne Ausgleichung neben einander

und es ist zuweilen das eine Individuum weit mehr in der Richtung der Hauptaxe ausgedehnt, als das andere, was auf eine grössere Selbstständigäeit beider Individuen hindeutet.

5. Zwillingsaxe die in der Längsfläche liegende Normale zur Verticalaxe. Diese Zwillinge kommen selten beim Anorthit vor, zuweilen beim Labrador von Hafnefjord in Island. Die Zwillingsebene ist hier keine krystallonomische Ebene, Zusammensetzungsfläche die Längsfläche. Das Zwillingsprisma entspricht dem Prisma der Zwillinge nach dem 1. Gesetz (Fig. 155), indem in der Zusammensetzungsfläche gleiche Prismenflächen neben einander liegen. Die in der Zusammensetzungsfläche liegenden Längsflächen beider Individuen decken sich hier ebenso wenig, wie bei den Zwillingen nach dem 4. Gesetz. Die der Basis entsprechenden Hauptspaltungsflächen fallen wie bei den Karlsbader Zwillingen nach entgegengesetzten Seiten ein; neben den Basisflächen des einen Individuums liegen die Flächen der hintern schiefen Endfläche des andern und zwar in gleichem Sinne geneigt, sie bilden an demselben Ende vorn einspringende Winkel von 177° 58′ beim Anorthit und hinten ausspringende oder umgekehrt, wobei das obere Ende gleich dem untern ist. Die Winkel der Basisflächen und hintern schiefen Endflächen sind vorn einspringend, wenn die Individuen mit ihren linken Längsflächen verbunden sind, sind dagegen ausspringend, wenn sie sich mit den rechten berühren, so dass man hier, wie bei den Karlsbader Zwillingen rechte und linke Zwillinge unterscheiden kann. Aus dem Gesagten ergeben sich folgende Unterschiede von dem vorhergehenden Gesetz, hier sind die Prismenflächen rechts und links gleich, bei dem 4. Gesetz rechts und links verschieden; hier bilden die Flächen c und $\underline{d}'$ (oder $\underline{c}$ und d') an demselben Ende einen ein- und ausspringenden Winkel, dort nur ein- oder nur ausspringende; hier sind diese Winkel an beiden Enden gleich, dort an dem einen ein-, an dem andern ausspringend; hier sind diese Winkel weit stumpfer, als dort, da die nebeneinander liegenden Endflächen beider Individuen eine gleichsinnige Neigung haben.

Der Unterschied zwischen diesen beiden Gesetzen fällt bei den monoklinen Krystallen, das heisst bei den Karlsbader Zwillingen fort, da in Folge der Gleichheit von rechts und links die Kanten c/d' und $\underline{c}/\underline{d}'$ parallel laufen, die Basisflächen und

schiefen Endflächen beider Individuen mithin in eine Zone fallen und keine einspringenden oder ausspringenden Winkel bilden können. Es treten also an Stelle des einen Gesetzes im monoklinen System zwei Gesetze im triklinen auf.

Beim Albit kommt dieses Gesetz nicht bei einfachen, sondern nur bei Doppelzwillingen vor. Zwei Zwillinge nach dem 1. Gesetz (Fig. 155) sind wieder nach diesem Gesetz zwillingsartig verbunden, es kommen auf diese Weise neben die einspringenden Winkel der Endflächen des einen Individuums die auspringenden des andern zu liegen (Horizontalprojection Fig. 158), die Prismenflächen sind auf der vordern Seite gleichnamig, ebenso auf der hintern. Es giebt hier natürlich auch rechte und linke Verwachsungen; je nach dem die Individuen mit ihren rechten oder linken Seiten verbunden sind, Fig. 158 ist eine rechte Verwachsung.

Diese Doppelzwillinge kann man nur nach diesem Gesetz erhalten, nicht nach dem 4., denn dann müssten am Ende neben den einspringenden Winkeln der Endflächen des einen Zwillings auch die einspringenden des andern zu liegen kommen. Anders verhält es sich, wenn Durchwachsungszwillinge nach dem 1. Gesetz (Fig. 157) nach diesem Gesetz zu Doppelzwillingen verbunden sind.

Die Durchwachsungszwillinge sind an beiden Enden gleich, sie haben an jedem Ende einen ein- und einen ausspringenden Winkel, ferner vorn und hinten je zwei verschiedene Prismenflächen, sie verhalten sich demnach vollkommen wie monokline Krystalle, so dass es auf eines herauskommt, ob man in der Normale der Hauptaxe oder in der Hauptaxe selbst dreht.

Bei den Doppelzwillingen, wie sie in der Natur vorkommen, bei Schmirn in Tirol, Roc-tourné etc. findet die Eigenthümlichkeit statt, dass von den vier Individuen die innern verkümmert sind, jedoch nie ganz fehlen. Denkt man sich Individuum II und III bei Fig. 158 ganz fehlend, so erhält man einen Zwilling, gebildet von Individuum I und IV, welcher genau den einfachen Zwillingen des Oligoklases und Anorthits nach vorliegendem Gesetz entspricht, die Individuen II und III haben immer dieselbe Stellung gegen einander, wie die Individuen I und IV. Dasselbe ist bei den Doppelzwillingen der Durchwachsungszwillinge der Fall.

Noch zu einer theoretischen Betrachtung geben diese Doppelzwillinge Veranlassung. In derselben Weise, wie uns die Natur darauf hinweist, die Stellung der beiden Individuen I und IV und II und III ins Auge zu fassen, kann man sich auch die Individuen I und III, sowie II und IV als Zwillinge denken. Denkt man sich je zwei solche Individuen vervollständigt, so sieht man leicht, dass hier die in eine Richtung fallenden Prismenflächen ungleichnamig sind, die Endflächen bilden an jedem Ende vorn und hinten gleiche Winkel, das heisst einspringende oder ausspringende, die beiden Enden selbst sind verschieden, an dem einen einspringende, an dem andern ausspringende Winkel. Aus diesem Verhalten ergiebt sich nach dem vorher Gesagten leicht, dass diese Individuen nach dem 4. Gesetz verbunden sind. Es kommt also bei den Doppelzwillingen auch das 4. Gesetz versteckt zum Ausdruck.

6. Zwillingsaxe die Normale auf der Basis.

Dieses Gesetz ist nur bei Doppelzwillingen bekannt, Durchwachsungszwillinge des Albit (Periklin) von Schmirn in Tirol nach dem 2. Gesetz sind mit der Basis als Zwillingsebene verwachsen (Fig. 161). In der Figur sind die zu Doppelzwillingen verbundenen Zwillinge nach dem 2. Gesetz nur als Aneinanderwachsungszwillinge gezeichnet, welche mit der Zwillingsebene verwachsen sind, das ist der Normalfläche auf der Basis in der kurzen Diagonale, so dass rechts und links gleichnamige Prismenflächen auftreten wie bei Fig. 163. Wäre nun der untere Zwilling gegen den obern einfach um 180° in der Basis gedreht, so müssten bei dem untern vorn die Flächen *g* zur Erscheinung kommen; die Figur zeigt jedoch, dass die Flächen *'g*, wie bei dem obern liegen. Dies Verhalten erklärt sich auf die Art, dass das untere Individuum eine Hälfte eines Durchwachsungszwillings ist, bei welchem unten andere Prismenflächen liegen als oben, wie es bei Fig. 163 der Fall ist; durch Drehung in der Basis kommen dann die hintern Prismenflächen des untern Individuums, welche mit den vordern des obern Individuums gleichnamig sind, nach vorn zu liegen. Die beiden Durchwachsungszwillinge, welche mit der Basis als Zwillingsebene zu einem Doppelzwilling Fig. 161 verbunden sind, unterscheiden sich von dem Durchwachsungszwilling Fig. 163 da-

durch, dass sie auf den Längsflächen rechts und links einspringende Winkel haben, Durchwachsungszwillinge, wie sie überhaupt bisher nur beobachtet sind, so dass Fig. 163 mit den ausspringenden Winkeln der Längsflächen bis jetzt nur eine theoretische Figur ist. Die Flächen *'g* bilden bei dem Doppelzwilling dann in der Znsammensetzungsfläche ausspringende Winkel, die Flächen *g* einspringende. Zum leichtern Verständniss ist noch das Profil Fig. 165 gezeichnet, welches die beiden zu einem Doppelzwilling vereinigten Durchwachsungszwillinge vollständig darstellt, hier entspricht Individuum 2 und 3 der Fig. 161; 2 dem obern Zwilling, 3 dem untern.

Wie bei dem Doppelzwilling Fig. 158 die Individuen gegen einander nach 3 Zwillingsaxen angeordnet sind, ist es auch hier der Fall; 1 und 2, sowie 3 und 4 sind nach dem 2. Gesetz verwachsen, 2 und 3, sowie 3 und 4 nach dem vorliegenden, 6., 1 und 3, sowie 2 und 4 nach einem selbstständig noch nicht beobachteten Gesetz, demzufolge die *a* Axe Zwillingsaxe ist. Dies Verhalten bietet interessante Analogieen dar mit den vorher beschriebenen Doppelzwillingen. Beide Doppelzwillinge des Albit haben als gemeinschaftliche Ebene eine Axenebene, die erstern die Axenebene *a/c*, die letztern *a/b*, jedoch mit dem Unterschiede, dass die Axenebene im erstern Falle Zwillingsebene der einfachen Zwillinge und Zusammensetzungsfläche der Doppelzwillinge, im letztern Falle umgekehrt Zusammensetzungsfläche der einfachen Zwillinge und Zwillingsebene der Doppelzwillinge ist. In beiden Fällen ist eine Krystallaxe Zwillingsaxe, diese ist jedoch nur indirekt in der Vierlingsgruppe erkennbar, während die auf den Axen senkrechten Zwillingsaxen direkt als Zwillingsaxen auftreten.

Allgemeine Betrachtungen über die Zwillinge des triklinen Systems.

Die Zwillinge des triklinen Systems haben dadurch ein ganz besonderes Interesse, dass durch die Zwillingsbildung eine Symmetrie hervorgebracht wird, während den einfachen Krystallen jegliche Symmetrie fehlt. Ferner wird durch die Zwillingsbildung der rechte Winkel eingeführt, welcher streng genommen dem triklinen System fremd ist und wo er vorkommt (vielleicht auch nur vorzukommen scheint) nicht zum Wesen des Systems gehört.

Im Gegensatz zu den Zwillingsgesetzen der übrigen Systeme ist es bemerkenswerth, dass hier nur Normalen solcher Krystallflächen, welche den Axenebenen entsprechen, als Zwillingsaxen auftreten. Die Zwillingsaxen stehen sämmtlich in direkter Beziehung zu den Krystallaxen; sie sind theils Krystallaxen, theils auf denselben senkrechte Linien, so dass man sie als rechtwinklige Substitute der Krystallaxen bezeichnen kann. Diese Substitute stehen entweder senkrecht auf den Axen in den Axenebenen, wodurch jede Axe, da sie in zwei Axenebenen liegt zwei Substitute erhält, oder sind die Normalen der Axenebenen, jede Axe hat mithin 3 rechtwinklige Substitute.

Darnach kann man sich auf rein theoretischem Wege die möglichen Zwillingsgesetze construiren. In der folgenden Uebersicht sind die Axenebenen nach den in ihnen enthaltenen Axen benannt und die bis jetzt beobachteten Zwillingsaxen mit einem Stern versehen.

a) **Hauptaxe und deren rechtwinklige Substitute.**

1) Hauptaxe selbst *) (K)
2) die Normale auf *b* in *b c* (K)
3) „ „ „ *a* in *a c* (M)
4) „ „ „ *a b* *) (M)

b) **Nebenaxe *b* und ihre rechtwinkligen Substitute.**

5) Nebenaxe *b* selbst *)
6) die Normale auf *a* in *a b* *)
7) „ „ „ *c* in *b c*
8) „ „ „ *a c* *)

c) **Nebenaxe *a* und ihre rechtwinkligen Substitute.**

9) Nebenaxe *a* selbst *) (M)
10) die Normale auf *b* in *a b* (M)
11) „ „ „ *c* in *a c* *) (K)
12) „ „ „ *b c* (K).

Von diesen 12 Zwillingsgesetzen sind nur 6 bisher beobachtet, dazu kommt als zwar vorhanden, aber nur indirekt im Doppelzwilling das Gesetz Zwillingsaxe die *a* Axe.

Wendet man diese Gesetze auf das monokline System an, so erkennt man zunächst aus der Tabelle, dass 4 Gesetze, in der Tabelle mit K bezeichnet, auf das Karlsbader Gesetz hinauskommen, von diesen aber nur 2 beobachtet sind, so dass das Karlsbader Gesetz im triklinen System in 2 Gesetze zer-

fällt, was schon oben ausgeführt wurde. Weitere 4 Gesetze fallen mit dem monoklinen Gesetz, Zwillingsaxe die Normale der Basis zusammen, oder was auf dasselbe hinauskommt, Zwillingsaxe die *a* Axe; sie sind, da dieses Gesetz auch Manebacher Gesetz genannt wird, mit M bezeichnet; von diesen Gesetzen sind auch 2 im triklinen System beobachtet, das eine allerdings nur indirekt bei Doppelzwillingen.

Die 3 noch übrigen Gesetze im triklinen System, welche sich auf die *b* Axe und deren Substitute beziehen, können im monoklinen System keine Zwillinge bewirken, wie schon oben auseinander gesetzt wurde.

Bei den rechtwinkligen Systemen können die Krystallaxen nur bei hemiëdrischen oder hemimorphen Krystallen Zwillingsaxen sein.

Die durch die Zwillingsbildung hervorgebrachten Pseudosymmetrieen beziehen sich zumeist auf das monokline System und sind zunächst hemimorphe Pseudosymmetrieen, so bei den Zwillingen nach dem 1. Gesetz. Eine vollkommen regelmässige monokline Pseudosymmetrie zeigen dann die Durchwachsungszwillinge nach dem 1. Gesetz. Durch die Verwachsung der Zwillinge des 1. Gesetzes zu Doppelzwillingen analog dem Karlsbader Gesetz wird der Unterschied von vorn und hinten in gewisser Hinsicht ausgeglichen, so dass eine rhombische Pseudosymmetrie zur Erscheinung kommt.

III. Krystallotektonik.

Die reine Krystallographie setzt vollkommen ebene und glatte Krystallflächen voraus, da es bei ihr nur auf die gegenseitige Lage der Flächen ankommt. Die Betrachtung der Krystalle selbst lehrt jedoch, dass die Flächen eine sehr mannigfaltige Beschaffenheit haben, dass sie nicht immer eben, sondern auch öfter gekrümmt, dass sie nicht immer glatt, sondern mit mannigfaltigen Erhöhungen und Vertiefungen versehen sind.

Alle diese Erscheinungen sind die Folge der successiven Bildung der Krystalle, sie zeigen, dass der Krystall nicht aus einem Guss entstanden ist, sondern durch Anlagerung kleinerer Individuen, der Subindividuen. Den Aufbau eines Hauptindividuums aus Subindividuen kann man vergleichen mit dem Aufbau eines Gebäudes aus den einzelnen Bausteinen, weshalb die Lehre von dem Aufbau der Krystalle den Namen Krystallotektonik *) erhalten hat.

1. Gestalt der Subindividuen.

Die Subindividuen kommen bei den Krystallen mehr oder minder deutlich zur Erscheinung, theils als grössere Individuen, z. B. beim Flussspath (Fig. 173), theils als schwache Hervor-

*) Von manchen Autoren wird der Name „Wachsthum" in Anwendung gebracht, welcher jedoch weniger passend ist, da bei dem Wachsen in der organischen Natur die Thätigkeit innerhalb des Organismus stattfindet. Dies ist der Grund, warum ich in der Abhandlung über die Krystallisation des Bleiglanzes a. a. O. S. 43 den Namen Krystallotektonik in Anwendung gebracht habe.

ragungen auf den Krytallflächen, beim Vesuvian (Fig. 198), theils in Form von Eindrücken, welche sich auch künstlich herstellen lassen und häufig von mikroskopischer Kleinheit sind (Fig. 205, Kalkspath). Die grössern Subindividuen lassen wiederum kleinere erkennen, so dass man verschiedene Stufen unterscheiden kann; die den Hauptindividuen am nächsten stehenden heissen Subindividuen höherer Stufe, die ferner stehenden niederer Stufe. Die Subindividuen höherer und niederer Stufe sind auch meist in der Gestalt verschieden, die erstern verhalten sich wie Hauptindividuen, die letztern dagegen haben eine ihnen eigenthümliche Gestalt.

1. Subindividuen höherer Stufe.

Die Subindividuen höherer Stufe haben in den meisten Fällen dieselbe Gestalt, wie das Hauptindividuum, welchem sie angehören; das kann man häufig beim Quarz wahrnehmen, Krystalle von der gewöhnlichen Form (El. I, Fig. 122) zeigen gleichgestaltete kleinere Individuen aufgewachsen, Hexaëder des Flussspathes, Bleiglanzes etc. sind aus kleinen Hexaëdern aufgebaut. Weicht die Gestalt der Subindividuen höherer Stufe von der des Hauptkrystalls ab, wie es bei dem oben erwähnten Flussspathoktaëder der Fall ist, welches aus Hexaëdern aufgebaut ist, so haben dieselben doch meist eine Gestalt, wie sie auch selbstständig häufig unter den Hauptindividuen auftritt. Jedes Subindividuum höherer Stufe kann man mithin für sich als ein Hauptindividuum betrachten. Deshalb nennt man auch Krystalle, welche aus Subindividuen höherer Stufe aufgebaut sind, polysynthetische Krystalle, Flussspath (Fig. 173).

2. Subindividuen niederer Stufe.

Die Subindividuen niederer Stufe sind in den meisten Fällen von Flächen begrenzt, welche vicinalen Formen angehören.

Vicinale Formen sind nach Websky *) solche, welche complicirte krystallographische Zeichen haben, die aber nur wenig von einfachen Zeichen abweichen. Ein Triakisoktaëder $(a : 1/m\, a : 1/m\, a)$ ist vicinal dem Oktaëder, wenn der Coëfficient $1/m$ der Einheit sehr nahe steht und je mehr sich der Coëfficient der Einheit nähert, desto mehr nähert sich die Form im Aussehen

---

*) Websky, Zeitschr. d. Deutsch. geol. Ges. Bd. XV. S. 677.

dem Oktaëder. Schreibt man das Zeichen des Triakisoktaëders ($a : a : m\,a$), so ist leicht ersichtlich, dass, wenn m sehr gross ist, die Form dem Dodekaëder vicinal ist.

Die Bestimmung des Zeichens der vicinalen Formen ist mit grossen Schwierigkeiten verknüpft, da wenige Minuten Unterschied in den Messungen einen wesentlichen Einfluss auf die Coëfficienten ausüben. Diese Schwierigkeit wird noch dadurch erhöht, dass in einer Zone meist eine ganze Anzahl verschiedener vicinaler Flächen vorhanden ist.

In ähnlicher Weise wie von vicinalen Formen kann man auch von vicinalen Zonen sprechen, dies sind dann Zonen, deren Zonenaxen in der Lage nur wenig von bestimmt gelegenen einfachen Zonenaxen abweichen. So sind bei Hexakisoktaëdern, welche Tetrakishexaëdern ähnlich sehen, durch die kürzesten Kanten Zonen bestimmt, welche den Zonen der Grundaxen vicinal sind.

Die Combinationskanten, welche die Flächen der Subindividuen mit der Fläche bilden, auf welcher sie zur Erscheinung kommen, bezeichnen bestimmte Zonen, die für die Tektonik von besonderer Wichtigkeit sind und deshalb tektonische Zonen genannt werden. Durch Tetrakishexaëder, welche auf Hexaëderflächen (Fig. 174) hervortreten, sind beispielsweise die tektonischen Zonen durch die Hexaëderkanten als Zonenaxen bestimmt. Die Zahl verschiedenartiger tektonischer Zonen ist eine schwankende, bei Fig. 174 ist nur eine Art tektonischer Zonen ausgebildet, auf den Oktaëderflächen des Vesuvians (Fig. 198) dagegen sind es 3 verschiedene Arten. Unter den verschiedenen Arten von Zonen sind eine oder mehrere besonders vorherrschend, welche dann tektonische Hauptzonen genannt werden; während die mehr untergeordneten tektonische Nebenzonen heissen; so sind z. B. beim Vesuvian die durch die Seitenkanten des Oktaëders und die Diagonalen der Flächen bestimmten Zonen tektonische Hauptzonen, dagegen diejenigen, deren Zonenaxen die Endkanten des Oktaëders sind, tektonische Nebenzonen.

Mitunter kommen die tektonischen Hauptzonen nicht direkt zur Erscheinung, sondern an ihrer Stelle treten vicinale Zonen auf. So sind durch die den Zonen der Grundaxen vicinalen

Zonen von Hexakisoktaëdern auf Hexaëderflächen die Grundaxen als Axen der tektonischen Hauptzonen bestimmt.

1. Subindividuen im regulären System.

Bei den holoëdrischen Krystallen haben die Subindividuen am häufigsten die Gestalt von Hexakisoktaëdern.

Diese Hexakisoktaëder sind meist vicinale Formen des Oktaëders, Hexaëders oder Dodekaëders, je nachdem die in den 6kantigen, 8kantigen oder 4kantigen Ecken liegenden Flächen sehr stumpfe Winkel bilden. Als vicinale Formen des Oktaëders kommen sie beim Bleiglanz, zuweilen auch beim Alaun vor; als solche des Hexaëders beim Flussspath aus Cumberland und zwar auf solchen Hexaëderflächen, aus denen Zwillingsecken herausragen, ferner beim Analcim *) von den Cyclopischen Inseln, bei welchem die Neigungen der in den 8kantigen Ecken zusammenstossenden Flächen zwischen $^1/_2{}^0$ und 2^0 betragen; als solche des Dodekaëders beim Granat z. B. von Brosso in Piemont (Fig. 190), wo sie Pyramidendodekaëdern angehören. Auf diese Weise gewinnt die theoretische Betrachtungsweise des Oktaëders, Hexaëders und Dodekaëders als Grenzformen von Hexakisoktaëdern, welche man Endformen nennen kann, eine praktische Grundlage.

An den sehr flachen Ecken der vicinalen Hexakisoktaëder liegen immer zweierlei Kanten und dadurch, dass die einen Kanten sehr flach werden, die andern dagegen mehr hervortreten, finden Annäherungen an eine der drei Formen, Ikositetraëder, Triakisoktaëder und Tetrakishexaëder statt, welche Formen man Zwischenformen nennen kann.

Die dem Oktaëder vicinalen Hexakisoktaëder nähern sich theils mehr den Ikositetraëdern, theils den Triakisoktaëdern, je nachdem die längern oder kürzern flachen Kanten stumpfer sind. Sie können, wenn dieselben sehr stumpf werden, ganz in diese Formen übergehen, welche auch als Combinationsformen hinzutreten, so dass z. B. beim Alaun, die Fig. 186 gezeichneten Streifen, welche auf Triakisoktaëder hindeuten, nach den Ecken hin schwach gebogen erscheinen. Fig. 183 stellt eine Oktaëder-

*) Scacchi, sulla Poliëdria delle facce dei cristalli, Torino 1862, Uebersetzung von Rammelsberg, Zeitschr. d. Deutsch. geol. Ges. Bd. XV.

fläche des Bleiglanzes dar, auf welcher die Subindividuen eine andere Gestalt haben, wie beim Alaun, es herrscht nämlich Hexaëder und ein Ikositetraëder, Dodekaëder und Triakisoktaëder treten nur als schwache Abstumpfungen hinzu; sind nun die Kanten zwischen Dodekaëder und Hexaëder, so wie die zwischen Ikositetraëder und Triakisoktaëder durch Hexakisoktaëder abgestumpft, so sehen die Subindividuen wie sphärische Dreiecke aus.

Die vicinalen Hexakisoktaëder des Hexaëders nähern sich Ikositetraëdern, wenn die längern Kanten, Tetrakishexaëdern, wenn die kürzern sehr flach sind. Ersteres ist beim Bleiglanz, letzteres beim Flussspath der Fall. Fig. 175 stellt die Hexaëderfläche eines Mittelkrystalls von Hexaëder und Oktaëder des Bleiglanzes dar; die als Ikositetraëder gezeichneten Subindividuen lassen sich mehr oder minder deutlich als Zwischenformen von Hexakisoktaëdern erkennen, mit denen sie auch combinirt vorkommen. Die Coëfficienten dieses Ikositetraëders liegen zwischen $^1/_{40}$ und $^1/_{25}$, die gegenseitige Neigung der Flächen in der stumpfen Pyramide beträgt im Durchschnitt ungefähr 3^0.

Fig. 174 zeigt eine Hexaëderfläche des Flussspaths; die Subindividuen sind Tetrakishexaëder, zum Theil mit Hexaëder combinirt, auch diese Subindividuen erweisen sich als Zwischenformen von Hexakisoktaëdern, indem bei manchem Flussspath, z. B. von Zinnwald, die Höhenlinien der flachen Dreiecke als Kanten hervortreten. Bei den Zwillingen aus Cumberland (Fig. 54) erscheinen die Tetrakishexaëder als Streifen auf den Hexaëderflächen. Die Neigung der Tetrakishexaëderflächen gegen einander beträgt hier zwischen 1^0 und 8^0, was auf eine ganze Anzahl solcher vicinaler Zwischenformen hindeutet. Auch hier kann man häufig erkennen, dass die Tetrakishexaëder als Zwischenformen von Hexakisoktaëdern aufgefasst werden müssen, indem die den Hexaëderkanten im Allgemeinen parallelen Kanten nach den Ecken hin häufig gebogen sind. Auf den Hexaëderflächen des Steinsalzes kann man durch Aetzung vicinale Hexakisoktaëder erhalten, welche auch als Zwischenformen Tetrakishexaëder haben.

Die vicinalen Hexakisoktaëder des Dodekaëders haben als Zwischenformen Tetrakishexaëder und Triakisoktaëder, je nachdem die den kürzern oder längern Diagonalen der Dode-

kaëderflächen entsprechenden Kanten mehr zur Erscheinung kommen. So deuten bei dem Granat von Breitenbrunn in Sachsen, Haüy's Aplom, die nach den kurzen Diagonalen verlaufenden Streifen auf den Dodekaëderflächen auf Tetrakishexaëder als vicinale Zwischenform hin; die Streifen auf den Dodekaëderflächen des Bleiglanzes nach den längern Diagonalen bezeichnen Triakisoktaëder als vicinale Zwischenform.

Unter den geneigtflächig hemiëdrischen Formen erscheinen, ganz entsprechend den holoëdrischen, Hexakistetraëder als Subindividuen, so auf den Flächen des 1. Tetraëders beim Fahlerz. *) Die häufigsten Zwischenformen sind Triakistetraëder, welche vielfach herrschen, untergeordnet treten Deltoëder auf.

Während beim Fahlerz die Subindividuen meist nur in 1. Stellung zu beobachten sind, so kommen sie bei der Blende in beiden Stellungen vor, auf Tetraëder-, Hexaëder- und Dodekaëderflächen als ihren Grenzformen. Auf dem 1. Tetraëder der Blende erscheinen vicinale Hexakistetraëder, deren Zwischenform das Triakistetraëder $^1/_2$ $(a : a : {}^1/_3 a)$ ist. Besonders deutlich kommen diese Subindividuen auf manchen Dodekaëderflächen zur Erscheinung und zwar als Streifen, welche den Combinationskanten dieser Form mit dem Triakistetraëder parallel gehen (Fig. 192). Die Subindividuen 2. Stellung treten mehr zurück, sind aber bei der Blende von Schlaggenwald (Fig. 191) vorherrschend, wo sie auf den Flächen des 2. Tetraëders als dreieckige Erhöhungen auftreten und sich auf die Hexaëderflächen fortsetzen, so dass diese nach der Combinationskante mit dem 2. Tetraëder gestreift erscheinen, was diese Flächen unzweifelhaft in die 2. Stellung verweist. Die in 2. Stellung gehörigen vicinalen Hexakistetraëder haben das Triakistetraëder $^1/_2$ $(a : a : {}^1/_2 a)$ als Zwischenform.

Wie bei der Blende sind auch bei andern geneigtflächig hemiëdrischen Mineralien die Subindividuen in beiden Stellungen verschieden, so dass man auf diese Weise dieselben unterscheiden kann.

Die Verschiedenheit der Subindividuen auf den abwechselnden Flächen z. B. eines Oktaëders liefert den handgreiflichen Beweis, dass man es mit keinem holoëdrischen, sondern einem hemi-

*) A. Sadebeck, über Fahlerz a. a. O. S. 54.

ëdrischen Krystall zu thun hat. Der hemiëdrische Charakter ist ein den ganzen Krystall beherrschender, muss sich also auch auf die mit hemiëdrischen Formen zusammen auftretenden holoëdrischen erstrecken, so dass man in der Lage ist, auch bei diesen nach der Gestalt der Subindividuen die beiden Stellungen zu unterscheiden, wie es schon in dem I. Theil der Elemente geschehen ist.

Für die Subindividuen bei parallelflächig hemiëdrischen Formen liefert der Eisenkies *) ein gutes Beispiel. Dem Hexaëder vicinale Diploëder erscheinen auf den Hexaëderflächen als Streifen, welche nach einem Rhombas angeordnet sind (Fig. 176) und meist den Combinationskanten des Hexaëders mit dem Diploëder ($a : {}^1/_2 a : {}^1/_3 a$) parallel gehen; Zwischenformen sind vicinale Pentagondodekaëder, welche an dem stumpfen Winkel des Rhombus liegen und als Streifen parallel der längern Diagonale desselben erscheinen. Diese Streifen herrschen häufig allein auf den Hexaëderflächen. Die Bedeutung der Pentagondodekaëder als Zwischenformen tritt auch dadurch hervor, dass durch Aetzung auf Hexaëder- und Pyritoëderflächen Eindrücke hervorgerufen werden, welche vicinalen Pentagondodekaëdern allein oder in Combination mit Diploëdern angehören, erstere zeigt Fig. 177 auf einer Hexaëderfläche und Fig. 188 auf einer Pyritoëderfläche.

Dem Oktaëder vicinale Diploëder erscheinen auf den Oktaëderflächen als Streifen, welche auf den Oktaëderkanten nahezu rechtwinklig stehen und meist den Combinationskanten des Oktaëders mit dem Diploëder ($a : {}^1/_2 a : {}^1/_4 a$) parallel gehen. Stehen die Streifen genau rechtwinklig auf den Oktaëderkanten, so sind dadurch die Combinationskanten von Oktaëder und Pyritoëder bezeichnet.

Auch auf den Pyritoëderflächen kommen Subindividuen zur Erscheinung, theils vicinale Pentagondodekaëder als Streifen parallel den Grundkanten, theils vicinale Diploëder als Streifen senkrecht gegen die Grundkanten, also parallel den Combinationskanten des Pyritoëders mit dem Diploëder $= (a : {}^1/_2 a : {}^1/_4 a)$ (Fig. 189).

---

*) G. Rose, Poggend. Ann. B. 147, S. 1.

Tektonische Zonen. Die tektonischen Hauptzonen sind viererlei Art, bestimmt durch die Grundaxen, prismatischen und rhomboëdrischen Zwischenaxen und die Diagonalen der Oktaëderflächen als Zonenaxen (vergl. Zonenlehre).

So stellt Fig. 174 eine Hexaëderfläche des Flussspaths dar mit den Grundaxen, Fig. 175 eine Hexaëderfläche des Bleiglanzes mit den prismatischen Axen, Fig. 190 eine Dodekaëderfläche des Granats mit den rhomboëdrischen Axen und Fig. 192 Blende mit den Diagonalen der Oktaëderflächen als Axen der tektonischen Hauptzonen. Wie hier durch die Flächen von Zwischenformen die tektonischen Hauptzonen bestimmt sind, können dieselben auch durch Hexakisoktaëderflächen bezeichnet sein, je nach den vicinalen Zonen, denen sie angehören. So bezeichnen die vicinalen Hexakisoktaëder des Hexaëders, deren Zwischenformen Tetrakishexaëder sind, die Grundaxen als Axen der tektonischen Hauptzonen.

Je mehr die vicinalen Zonen der Grundaxen abweichen, desto mehr nähern sie sich den Zonen der prismatischen Axen. Es können also die vicinalen Zonen der Grundaxen allmälig übergehen in die vicinalen der prismatischen Axen, welche dann zuweilen Axen von tektonischen Nebenzonen sind. Auf diese Weise können die Subindividuen eine sehr complicirte Gestalt erhalten. Auf den Hexaëderflächen des Bleiglanzes erscheinen zuweilen flache Ikositetraëder mit Hexakisoktaëdern und Tetrakishexaëdern combinirt.

Bei den geneigtflächig hemiëdrischen Formen können die Subindividuen in beiden Stellungen verschiedenen tektonischen Hauptzonen angehören, so sind bei der Blende bei 1. Formen die Diagonalen der Oktaëderflächen (Fig. 192), bei 2. dagegen die rhomboëdrischen Zwischenaxen, also die Dodekaëderkanten Axen der tektonischen Hauptzonen.

2. Subindividuen im quadratischen System.

Die bei den holoëdrischen Formen auftretenden Subindividuen niederer Stufe haben als allgemeine Form, entsprechend den Hexakisoktaëdern im regulären System, vicinale Dioktaëder, deren Grenzformen Oktaëder, quadratische Prismen und Endflächen sind und als deren Zwischenformen vicinale Oktaëder und vicinale 8seitige Prismen auftreten, theils in Combinationen, theils selbstständig.

Oktaëdern vicinale Dioktaëder bilden auf den Oktaëderflächen Streifen, welche vornehmlich entweder den Endkanten oder Diagonalen der Flächen parallel gehen. Die den Endkanten parallelen sind theils solche, welche auf das 1. stumpfere Oktaëder hinüberführen, so beim Zinnstein (Fig. 199) auf den Flächen *o*, theils solche, welche auf das 2. Prisma weisen, z. B. Vesuvian (Fig. 198.) Die den Diagonalen der Flächen parallelen Streifen (Fig. 198 und 199) sind parallel den Combinationskanten mit dem 1. spitzern Oktaëder. Häufig treten mehrere vicinale Dioktaëder untereinander in Combination.

Als Zwischenformen erscheinen vicinale Oktaëder theils auf die Endfläche hinweisend (Fig. 198), theils auf das Prisma hinüberführend (Fig. 199).

Die der Endfläche vicinalen Dioktaëder können dieselben Unterschiede scheiden, wie die vicinalen Hexakisoktaëder auf Hexaëderflächen. Als Zwischenformen treten vicinale Oktaëder auf und zwar den Ikositetraëdern entsprechende vicinale Oktaëder 1. Ordnung (Fig. 198), den Tetrakishexaëdern entsprechend vicinale Oktaëder 2. Ordnung.

Die den Prismen vicinalen Dioktaëder sind verschieden, je nachdem ihre Zwischenformen vicinale 8seitige Prismen oder vicinale Oktaëder sind. Auf den Flächen des 1. Prismas des Vesuvians (Fig. 198) und des Zinnsteins (Fig. 199) sind vicinale Oktaëder 1. Ordnung und vicinale 8seitige Prismen combinirt, so dass die Subindividuen vicinalen Tetrakishexaëdern auf Hexaëderflächen gleichen. Flächen von vicinalen Oktaëdern 2. Ordnung würden da zu liegen kommen, wo die Combinationskanten zwischen Oktaëder 1. Ordnung und 8seitigem Prisma liegen, also vicinalen Ikositetraëdern entsprechend.

Bei den geneigtflächig hemiëdrischen Formen, also besonders beim Kupferkies, haben die Subindividuen als allgemeinste Form die vicinaler Skalenoëder, welche in 1. Stellung auf den 1. Tetraëderflächen den Combinationskanten des Tetraëders mit 1. spitzern oder 1. stumpfern Oktaëder parallele Streifen bilden (Fig. 167). Diese sind hier in Combination mit vicinalen Tetraëdern, welche auf das 1. Prisma hinweisen. In Folge dessen erscheint auch das 1. stumpfere und 1. spitzere Oktaëder, sowie das 1. Prisma und die 1. Endfläche parallel den Combinationskanten mit dem 1. Tetraëder gestreift. Auf

den Flächen des 2. Tetraëders kommen die Subindividuen weniger zur Erscheinung; wenn sie überhaupt in 2. Stellung auftreten, so ist das bei dem 1. spitzern Oktaëder der Fall, auf welchem die Subindividuen vicinalen Oktaëdern gleicher Ordnung angehören, so dass das 1. spitzere Oktaëder, so wie die Endfläche in 2. Stellung horizontal gestreift sind.

Für die parallelflächig hemiëdrischen Formen dient der Scheelit als Beispiel (El. I. Fig. 119). Die herrschende Form ist hier meist das 1. stumpfere Oktaëder, auf welchem zweierlei Subindividuen zu erkennen sind. Die einen Subindividuen sind vicinale Oktaëder in der Zwischenstellung, welche auf das Oktaëder h' $(a:3a:c)$ hinführen, also in der Richtung der Diagonalen der Oktaëderflächen liegen, die andern entsprechen dem Oktaëder in der Zwischenstellung i $(a: {}^1/_3 a : c)$ und bewirken eine Streifung parallel den Combinationskanten desselben mit dem 1. stumpfern Oktaëder. Diese letztern nimmt man als in 1. Stellung befindlich an, es sind mithin auch die Theile der Oktaëderfläche, welche nach diesem Oktaëder in der Zwischenstellung gestreift sind, als Grenzformen desselben zu betrachten, also 1. Stellung; diejenigen dagegen, welche aus Oktaëdern, die in der Diagonalzone liegen, aufgebaut sind, erweisen sich nun als Grenzformen des Oktaëders h', sind mithin 2. Stellung.

Tektonische Zonen. Die vier tektonischen Hauptzonen des regulären Systems erhalten hier folgende Ausdrücke, Zonenaxen die Hauptaxe, 1. Nebenaxen, 2. Nebenaxen, Endkanten der Grundform und des 1. stumpfern Oktaëders und Diagonalen der Flächen der Grundform (vergl. Zonenlehre).

Im quadratischen System giebt es nur eine Form, das ist die dodekaëdrische, die Combination eines Oktaëders mit Prisma anderer Ordnung im Gleichgewicht, bei welcher durch die sämmtlichen Kanten nur eine Art von Hauptzonen, mit den Endkanten des Oktaëders als Zonenaxen, bestimmt ist; bei allen übrigen Formen sind wenigstens zweierlei Zonen entwickelt, z. B. bei der Grundform o (Fig. 199) die Zone der 2. Nebenaxen und Endkanten; bei Fig. 198 treten noch die durch die Flächendiagonalen bestimmten Zonen hinzu; die Prismenflächen fallen natürlich in die durch die Hauptaxe bestimmte Zone. In Folge dessen sind im quadratischen System meist mehrere tektonische

Hauptzonen ausgebildet, zu denen noch verschiedene Nebenzonen hinzutreten können.

Beim Vesuvian vom Wilui sind die durch die Hauptaxe, 2. Nebenaxen und Diagonalen der Grundform bestimmten Zonen die tektonischen Hauptzonen, die Endkantenzonen der Grundform sind Nebenzonen; beim Zinnstein sind die tektonischen Hauptzonen bestimmt durch Hauptaxe, 2. Nebenaxen und Endkanten der Grundform, beim Kupferkies (Fig. 197) treten die Diagonalzonen und Endkantenzonen der Grundform, sowie die der 2. Nebenaxen als tektonische Hauptzonen auf.

3. Subindividuen im hexagonalen System.

Nach Analogie mit dem regulären und quadratischen System muss bei den holoëdrischen Formen die allgemeinste Gestalt der Subindividuen die von vicinalen Dihexagondodekaëdern sein, deren Grenzformen Hexagondodekaëder, hexagonale Prismen und Endfläche sind. Wie im quadratischen System die vicinalen achtseitigen Prismen die einzigen besondern Zwischenformen sind, so sind es hier die 12seitigen; die übrigen Zwischenformen sind wieder Hexagondodekaëder.

Unter den holoëdrischen Krystallen dieses Systems kommen die Subindividuen nicht besonders deutlich zur Erscheinung, das beste Beispiel bietet noch der Beryll dar, welcher auf den Prismenflächen verticale Streifen zeigt, die auf Subindividuen von der Gestalt 12seitiger Prismen hindeuten. Diese Prismen sind zuweilen mit Dihexagondodekaëdern combinirt, deren Zwischenformen Hexagondodekaëder 1. Ordnung sind. Auf der Endfläche selbst deuten die Zeichnungen auf vicinale Hexagondodekaëder 1. Ordnung hin.

Bei den rhomboëdrischen Krystallen sind besonders vicinale Skalenoëder bei den Subindividuen vertreten, als deren Grenzformen die Rhomboëder, Hexagondodekaëder, hexagonalen Prismen und Endfläche erscheinen; Zwischenformen können wieder Rhomboëder sein oder zwölfseitige Prismen.

Die dem Rhomboëder vicinalen Skalenoëder bilden auf den Rhomboëderflächen Streifen, welche theils parallel den Kanten des Rhomboëders, theils parallel den schiefen Diagonalen der Hauptrhomboëderflächen, theils parallel den Endkanten des zu Grunde liegenden Hexagondodekaëders verlaufen. 1) Die ersten kommen sehr schön beim Chabasit auf den Flä-

chen des Hauptrhomboëders vor, und zwar sind es solche, welche auf das 1. stumpfere Rhomboëder hinweisen (Fig. 99). Die Streifen verlaufen nicht immer genau parallel den Endkanten, sondern divergiren mit denselben nach den Ecken hin, die Divergenz beträgt zwischen 1° und 11°. Diese divergirenden Streifen rühren von Skalenoëdern her, welche in vicinale Zonen der Endkanten des Hauptrhomboëders gehören. Seltener sind Streifen, welche von Seitenkantenskalenoëdern des Hauptrhomboëders herrühren. Treten diese beiderlei Streifen auf, so haben die Rhomboëderflächen grosse Aehnlichkeit mit Hexaëderflächen des Flussspaths von Cumberland. Die Aehnlichkeit mit Flussspath wird noch dadurch erhöht, dass auch hier die vicinalen Flächen vornehmlich auf den Rhomboëderflächen sichtbar sind, aus denen Zwillingsecken herausragen.

2) Parallel der schiefen Diagonale der Rhomboëderflächen kommen Kanten von vicinalen Skalenoëdern sehr deutlich auf den Flächen des 1. stumpfern Rhomboëders des Kalkspaths vor, z. B. von Andreasberg (Fig. 204), wo die Streifen auch auf den Subindividuen höherer Stufe erkennbar sind. Durch Aetzung kann man ganz ähnliche Streifen und Furchen erhalten. Diese Streifen führen zu dem Hauptrhomboëder hinüber. Beim Eisenglanz von Elba kommen derartige Streifen auf den Flächen des Hauptrhomboëders vor und weisen hier auf das Hexagondodekaëder $^4/_3\,d$ $(a : a : 2\,a : {}^4/_3\,c)$ (El. I. Fig. 136) hin. Diese Streifen weichen etwas vom Parallelismus mit der schiefen Diagonale ab, indem sie ein weniges nach oben divergiren, also von Skalenoëdern herrühren, welche vicinalen Zonen der schiefen Diagonale des Hauptrhomboëders angehören.

Die 3. Art von vicinalen Skalenoëdern, welche auf den Rhomboëderflächen Combinationskanten hervorrufen, die den Verbindungslinien der Endecken mit den Mittelpunkten der Seitenkanten parallel gehen, kann man durch Aetzung von Hauptrhomboëderflächen des Kalkspaths *) mit mässig verdünnter Salz- oder Salpetersäure erhalten. Man erhält dann zunächst dreieckige Eindrücke, welche sich durch Hinzutreten von vicinalen Skalenoëdern aus vicinalen Zonen mehr abrunden

*) Haushofer, über den Asterismus und die Brewster'schen Lichtfiguren am Calcit, München 1865.

können (Fig. 207). Vicinale Rhomboëder begleiten häufig als Zwischenformen die vicinalen Skalenoëder; bei Fig. 207 zeigt der mittlere Aetzeindruck unten ein vicinales Rhomboëder, welches auf die gerade Endfläche hinführt, der linke untere oben noch eine Rhomboëderfläche, welche einem spitzern Rhomboëder angehört, also auf das Prisma hinüberführt. Bei Subindividuen, welche als Erhabenheiten auftreten, liegen natürlich die Flächen des spitzern Rhomboëders unten, die des stumpfern dagegen oben, z. B. beim Eisenglanz von Elba, wo diese Rhomboëder von Skalenoëdern aus vicinalen Zonen begleitet sind.

Auf den Flächen des 1. spitzern Rhomboëders des Kalkspaths erscheinen die Subindividuen meist als zitzenartige Hervorragungen, welche im Allgemeinen eine dreiseitige Gestalt haben, indem ein vicinales Seitenkantenskalenoëder des 1. spitzern Rhomboëders und ein vicinales stumpfes Rhomboëder, beide in 2. Stellung hervortreten.

Die Prismen erweisen sich hier durch die Subindividuen sehr deutlich als Grenzgestalten. Dieselben sind mehr oder minder vielfache Combinationen von Skalenoëdern und Rhomboëdern, welche eine dreiseitige Gestalt haben; häufig in der Richtung der Hauptaxe verlängert, die in die eine Höhenlinie des dreiseitigen Umrisses fällt. Die Spitzen der Subindividuen sind abwechselnd auf der einen Seite nach oben, auf der andern nach unten gerichtet, wie es auch die Aetzeindrücke auf den Prismenflächen am Kalkspath von Andreasberg (Fig. 205) zeigen.

Die auf den Flächen des 1. Prismas beim Kalkspath von Andreasberg direkt sichtbaren Subindividuen sind Combinationen eines spitzen Rhomboëders 1. Stellung und eines Seitenkanten-Skalenoëders der Grundform, wenn auch nicht genau, so doch annähernd. Der allgemeine Umriss ist ein gleichseitig dreiseitiger; die einzelnen Individuen sind zuweilen etwas in der Richtung der Hauptaxe in die Länge ausgedehnt, wodurch auch verticale Streifen entstehen können, zuweilen in die Quere nach den Nebenaxen, so dass die Prismenflächen theilweise auch quer gestreift erscheinen. Im erstern Falle nähern sich einzelne Flächen der Subindividuen der prismatischen Form, sie würden zwölfseitige Prismen als Zwischenformen haben, im letztern sind stumpfere Rhomboëder 1. Stellung Zwischenformen. Diese

und ähnliche Prismen, bei denen die Subindividuen Formen 1. Stellung angehören, sind als 1. hexagonale Prismen 1. Stellung aufzufassen, solche dagegen, bei denen die Subindividuen im Wesentlichen von Flächen 2. Stellung begrenzt sind, als 1. hexagonale Prismen 2. Stellung.

Die gerade Endfläche lässt vielfach vicinale Skalenoëder als Subindividuen erkennen, welche in ähnlicher Weise, wie vicinale Hexakisoktaëder auf den Oktaëderflächen hervortreten und auch wie diese, je nachdem die einen oder die andern Kanten mehr zurücktreten, auf zweierlei Zwischenformen hinweisen, auf Rhomboëder 1. Stellung und 2. Stellung. Darnach ist die Endfläche selbst die Grenzform von Formen 1. oder 2. Stellung. Die vicinalen Skalenoëder sind mit Rhomboëdern combinirt und zwar nicht nur mit Rhomboëdern einer Stellung, sondern auch mit solchen in beiden Stellungen, wobei jedoch meist eine Stellung vorherrscht. Die vorherrschende Stellung ist bei den Kalkspathtafeln dem aus Maderanerthal die 1. Stellung, bei andern Krystallen, z. B. denjenigen von Andreasberg ist bei den äusserlich zur Erscheinung kommenden Subindividuen die 2. Stellung vorwiegend entwickelt (Fig. 204). Diese Subindividuen sind jedoch schon als solche höherer Stufe zu betrachten, da bei den Aetzfiguren im Allgemeinen die 1. Stellung vorherrscht, wie die von einem Rhomboëder 1. Stellung herrührenden Aetzeindrücke auf der geraden Endfläche des Kalkspaths von Andreasberg zeigen (Fig. 205). Als Abstumpfung der inneren Kanten erscheinen zunächst schmale Flächen eines Rhomboëders 2. Stellung; Fig. 205*a* stellt eine gerade, Fig. 205b eine schiefe Abstumpfung dar. Durch Hinzutreten vicinaler Skalenoëder erscheinen dann die Kanten gerundet und die rundlichen Eindrücke haben Aehnlichkeit mit denen des Bleiglanzes auf der Oktaëderfläche (Fig. 183). Deutliche Subindividuen kann man auch auf der geraden Endfläche der Eisenglanztafeln beobachten, hier ist jedoch die 2. Stellung vorwiegend. Dies zeigen zunächst die Tafeln aus der Schweiz, welche parallel den Flächen der Rhomboëder 2. Stellung gestreift sind, ferner die Eisenglanztafeln vom Vesuv (Fig. 202), welche dreieckige Erhöhungen in 2. Stellung haben, ähnlich wie diejenigen von Langöe bei Kragröe (Fig. 201), deren Subindividuen jedoch com-

plicirte Combinationen darstellen, mehrere Rhomboëder und Skalenoëder.

Bei dem **hemimorphen Turmalin** sind auch die Subindividuen an beiden Endpunkten der Hauptaxe verschieden, was sich schon aus der verschiedenen Beschaffenheit der beiderlei Endflächen ergiebt. Auf den glatten Endflächen kann man Subindividuen niederer Stufe beobachten, welche der 1. Stellung angehören, vicinale Rhomboëder und Skalenoëder; auf den rauhen dagegen nur Subindividuen höherer Stufe.

Wie bei den rhomboëdrischen Krystallen die Skalenoëder, so müssen bei den **hexagonal hemiëdrischen** die Hexagondodekaëder 3. Ordnung die allgemeinsten Formen der Subindividuen sein. Die Hexagondodekaëder 1. und 2. Ordnung, die regulär sechsseitigen und symmetrisch sechsseitigen Prismen und die Endfläche sind dann Zwischen- oder Grenzformen. Die Bestätigung dieser Auffassung liefert der Apatit. Auf der geraden Endfläche der klaren Krystalle von der Knappenwand im Untersulzbachthal in Salzburg*) erkennt man nach Aetzung mit gelinde erwärmter Salzsäure unter dem Mikroskop Hexagondodekaëder 3. Ordnung, deren Beziehung zu den Nebenaxen sich wegen der Kleinheit nicht ermitteln lässt, welche jedoch eine gleiche Stellung, wie die am Krystall selbst auftretenden Hexagondodekaëder 3. Ordnung $s = (a : {}^1/_2 a : {}^1/_3 a : c)$ (El. I, Fig. 145) haben. Auf den Flächen des verticalen Prismas erscheinen Aetzeindrücke, welche Combinationen von vorherrschenden Prismenflächen und Hexagondodekaëder 3. Ordnung sind. Die Prismenflächen erweisen sich als solche, welche vicinalen 6seitigen Prismen 3. Ordnung angehören, wozu noch das 1. Prisma hinzutritt. Die Hexagondodekaëder 3. Ordnung erscheinen ihrem hemiëdrischen Charakter gemäss nur an der einen Seite der Prismenflächen und zwar oben und unten an derselben. Auch auf den übrigen Flächen erhält man Aetzfiguren, welche auf dieselben Formen sich beziehen lassen, jedoch treten sie nicht auf allen Flächen gleich schön auf. Bemerkenswerth ist noch, dass bei Krystallen, an denen keine hemiëdrischen

---

*) Baumhauer, Ueber die Aetzfiguren des Apatits, Sitzungsber. der Kgl. Bayer. Akademie d. W. 1875, S. 169.

Formen ausgebildet sind, die Aetzfiguren in derselben Weise auftreten, wie bei solchen, bei denen dies der Fall ist.

Bei den Krystallen, welche Tetartoëdrie zeigen, ist die allgemeinste Form der Subindividuen die von Trapezoëdern oder Rhomboëdern 3. Stellung und es sind alle übrigen Formen als Zwischen- oder Grenzgestalten derselben zu betrachten.

Rhomboëdrische Tetartoëdrie. Das einfachste Beispiel liefert der Dioptas (El. I, Fig. 134), bei welchem die Rhomboëderflächen nur nach einer Combinationskante mit dem 2. Prisma gestreift erscheinen und zwar genau entsprechend der Tetartoëdrie, parallel den abwechselnden Combinationskanten oben und unten. Daraus ergiebt sich, dass auch die Prismenflächen als Grenzflächen der Rhomboëderflächen 3. Ordnung abwechselnd dem obern und abwechselnd dem untern Ende angehören, also als unendlich spitze Rhomboëder 3. Stellung zu betrachten sind.

Trapezoëdrische Tetartoëdrie. Beim Quarz hat Leydolt*) durch Anwendung von Flusssäure Aetzfiguren erhalten, welche den trapezoëdrischen Charakter der Krystalle auf der geraden Endfläche deutlich hervortreten lassen. Auf senkrecht gegen die Hauptaxe geschnittenen Krystallplättchen erscheinen ganz nahe aneinander dreiseitige Vertiefungen (Figur 212). Rühren diese Vertiefungen von Trapezoëdern her, so können sie viererlei Stellung haben, da das Trapezoëder ein Viertelflächner des Dihexagondodekaëders ist; diese vier Trapezoëder lassen sich in solche 1. und 2. Stellung unterscheiden, von denen wieder jede Stellung ein rechtes und linkes enthält, also $\tau\ r$ und $\tau\ l$ 1. und $\tau\ 'r$, $\tau\ 'l$ 2. Stellung. Je nach der Stellung eines dieser Eindrücke zu dem 1. hexagonalen Prisma kann man diese Trapezoëder bestimmen, welche nach verschiedenen Richtungen hin gewunden erscheinen. Während man durch das polarisirte Licht nur rechts oder links drehende Stellen an einem Quarzkrystall unterscheiden kann, so kann man durch Aetzung auch erkennen, ob diese Stellen der 1. oder 2. Stellung ange-

---

*) Leydolt, Sitzungsberichte der K. K. Akad. d. W. in Wien, B. XV, S. 59.

hören. Setzt man ganze Quarzkrystalle, welche nur die Combination der beiden Rhomboëder mit 1. Prisma darstellen, der Einwirkung von Flusssäure ungefähr 12 Stunden aus, so entstehen an den Combinationskanten der Rhomboëder untereinander und mit dem 1. Prisma Flächen, welche Trapezoëdern angehören und durch ihre Wölbungen als vicinale Flächen gekennzeichnet sind. Auch hier können diese Flächen viererlei Lage haben; die in Fig. 213 an einem Quarz von Marmorosch in Ungarn auftretenden gehören rechten 1. Trapezoëdern τ r an. Auf diese Weise ist der Krystall als ein rechter charakterisirt. Während die Aetzeindrücke eine krystallographische Bestimmung der Flächen, durch welche sie hervorgebracht werden, wegen der mikroskopischen Kleinheit nicht gestatten, so konnte Leydolt das Zeichen der Aetzflächen annähernd bestimmen. Er fand

$$\nu = (a : {}^2/_5 a : {}^2/_3 a : {}^1/_3 c);$$
$$\varrho = (a : {}^2/_5 a : {}^2/_3 a : {}^1/_5 c);$$
$$\mu = (a : {}^4/_7 a : {}^4/_3 a : {}^1/_3 c).$$

Mit den Trapezoëdern treten bei den Aetzfiguren sowohl die Flächen von Trigonoëdern als auch von Rhomboëdern in Combination, wobei die Trapezoëder auch zurücktreten können. Die Lage der Dreiecke, welche durch Trigonoëder hervorgebracht werden, ist in Fig. 212 durch s^r entsprechend einem rechten, s^l entsprechend einem linken Trigonoëder bezeichnet, die durch die Rhomboëderflächen hervorgebrachten Eindrücke sind r und r'. Die Trigonoëderflächen erscheinen neben den Trapezoëderflächen auch als Aetzflächen, bei Fig. 213 die Fläche s, auf welche das Trapezoëder μ und überhaupt alle Trapezoëder, welche in die Zone der rechts liegenden schiefen Combinationskanten in r und g' fallen, hinüberführen.

Auf den Rhomboëderflächen selbst erscheinen die Subindividuen weniger deutlich durch Aetzung, man kann jedoch die Flächen des Hauptrhomboëders von denen des Gegenrhomboëders daran unterscheiden, dass auf den erstern die Vertiefungen horizontal angeordnet sind, auf den letztern die Vertiefungen parallel den Endkanten des Hauptrhomboëders verlaufen, also parallel den obern Trapezflächen ϱ.

Dagegen treten auf den Rhomboëderflächen selbst häufig deutliche Subindividuen auf, wie Fig. 214 zeigt, es sind Com-

binationen eines spitzen vicinalen Rhomboëders mit Trapezoëdern, von denen die Flächen an der einen Seite der Rhomboëderflächen etwas vorwiegen, so dass die gekrümmten Dreiecke ihre Spitze immer etwas nach der einen Seite kehren. Dies Verhalten lehrt, dass die Flächen nach rechts und links verschiedene Beziehungen haben, also in der That Trapezoëdern angehören. Bei einzelnen Krystallen aus der Schweiz herrschen die Flächen der vicinalen Trapezoëder λ vor und ihre Grenzflächen, die Hauptrhomboëderflächen, treten ganz in den Hintergrund; dagegen tritt als Zwischenform ein oberes Trigonoëder ξ auf (Fig. 211). Ist letzteres in beiden Stellungen gleich, so bildet es sechsflächige Zuspitzungen des Prismas, die Zuspitzungsflächen auf die Kanten des Prismas aufgesetzt. *)

Tektonische Zonen. Die tektonischen Hauptzonen sind hier, wie aus dem Vorhergehenden sich ergiebt, entsprechend denen im quadratischen System, diejenigen, deren Zonenaxen die Hauptaxe, 1. und 2. Nebenaxen, Endkanten der Grundform und der 1. stumpfern derselben und Flächendiagonalen der Grundform (beim Rhomboëder schiefe Diagonalen) sind. Während im quadratischen System die dodekaëdrische Form die einzige ist, bei welcher alle Kanten gleichen Zonen angehören, also nur einerlei tektonische Hauptzonen entwickelt zu sein brauchen, so kann dies hier nicht nur bei der dodekaëdrischen Form (El. I, Fig. 134), sondern auch schon beim Rhomboëder allein der Fall sein, z. B. bei der Grundform des Chabasits. Andere Rhomboëder lassen mehrere tektonische Hauptzonen und Nebenzonen erkennen, z. B. die durch Aetzung erhaltenen Subindividuen des Kalkspaths Fig. 207, Zonenaxen der tektonischen Hauptzonen die 2. Nebenaxen und Endkanten des Hexagondodekaëders, welchem das Hauptrhomboëder angehört, von tektonischen Nebenzonen die der schiefen Diagonalen der Rhomboëderflächen.

4. Subindividuen des rhombischen Systems.

Im rhombischen System ist die allgemeinste Gestalt der Subindividuen die von vicinalen Rhombenoktaëdern, ihre Grenz-

*) F. Scharff, der Bergkrystall von Carrara, N. Jahrb. f. Mineral, etc. 1868, S. 822. G. vom Rath, Poggend. Ann. Jubelb. S. 1.

formen sind wieder Oktaëder, verticale, Längs- und Querprismen, sowie End-, Quer- und Längsfläche, die Zwischenformen sind keine besondern Formen.

Die vicinalen Oktaëder der Endfläche sind zunächst solche, welche in die Reihe der Grundform gehören. Sie kommen auf der geraden Enfläche des Schwerspaths vor, z. B. auf derjenigen der tafelförmigen Krystalle von Kapnik in Ungarn als Hervorragungen und und bei den Krystallen vom Giftberge bei Horzowic in Böhmen in Form von Eindrücken. Wie bei den übrigen Subindividuen niederer Stufe sind hier auch vielfach Combinationen verschiedener vicinaler Oktaëder derselben oder vicinaler Zonen vorhanden. Ausser diesen kommen noch Oktaëder auf der Endfläche vor, welche vicinalen Zonen der Nebenaxen angehören und den Uebergang zu den vicinalen Längs- und Querprismen als Zwischenformen bilden.

Vicinale Oktaëder aus vicinalen Zonen der *b* Axe kommen beim Topas von Nertschinsk in Form von Eindrücken vor. Sie sind zuweilen mit der Zwischenform combinirt und stellen mehr oder minder complicirte Combinationen dar. Aehnliche Subindividuen kann man durch Aetzung auf der geraden Endfläche des Aragonits *) erhalten (Fig. 222). Die hier gezeichneten Eindrücke sind nur einzelne Fälle der mannigfaltigen Combinationen verschiedener vicinaler Oktaëder und Längsprismen. Charakteristisch ist das Fehlen von Querprismen. Beim Schwerspath kann man Subindividuen beobachten, welche von vicinalen Längs- und Querprismen, sowie von Oktaëdern begrenzt sind, welche diesen beiderlei Prismen nahe stehen. Sind derartige Oktaëder aber symmetrisch ausgebildet, so werden die Subindividuen an diejenigen Subindividuen erinnern, welche Hexakisoktaëdern mit Annäherung an Tetrakishexaëder angehören. Es ist diese symmetrische Ausbildung jedoch nur selten vorhanden, meist zeigen die Subindividuen deutlich die rhombische Symmetrie, ähnlich wie diejenigen des Aragonits.

Es ist leicht ersichtlich, dass auf Längs- uud Querfläche ähnliche Subindividuen zur Erscheinung kommen können,

*) Leydolt, über die Structur und Zusammensetzung der Krystalle des prismatischen Kalkhaloides, Sitzungsb. der Wiener Akad. der Wissensch., B. XIX, S. 10.

wie auf der Endfläche, da die Stellung der dreierlei Flächenräume eine willkürliche ist.

Auf der Längsfläche sind die vicinalen Oktaëder theils combinirt mit vicinalen Längs-, theils mit vicinalen Querprismen. Es kann auch der Fall eintreten, dass die Prismen allein auftreten, oder vicinale Oktaëder, welche sich einerseits sehr den Längsprismen, andererseits sehr den verticalen Prismen nähern.

Auf den Querflächen sind natürlich Querprismen und verticale Prismen die Zwischenformen der vicinalen Oktaëder.

Die Subindividuen auf den Prismenflächen haben eine verschiedene Gestalt, je nach der Stellung, welche die Prismen haben. Bei stark entwickelten verticalen Prismenflächen sind auch die Subindividuen meist sehr in die Länge gezogen, so dass die Prismenflächen in Folge dessen vertical gestreift erscheinen, wie es in ausgezeichneter Weise beim Topas der Fall ist. Auf den Längs- und Querprismen dagegen tritt die oktaëdrische Gestalt mehr hervor. Bei dem Topas von Nertschinsk sind auf den Flächen des Hauptlängsprismas Subindividuen sichtbar, welche eine dreiseitige Gestalt haben und die Combination eines vicinalen Oktaëders mit vicinalem Längsprisma darstellen; die flache Combinationsecke ist meist von der Längsfläche abgestumpft.

Auf den Flächen des Querprismas $2d = (a : \infty b : {}^1/_2 c)$ kommen ähnliche Subindividuen vor, wobei die mit dem Oktaëder combinirten Prismen auch Querprismen sind und vicinale Längsprismen zuweilen hinzutreten.

Tektonische Zonen. In Folge der Ungleichheit der drei Axen sind hier die Zonen mannigfaltiger, als in den vorhergehenden Systemen, die Zonenaxen der tektonischen Hauptzonen sind folgende: die dreierlei krystallographischen Grundaxen und die dreierlei Kanten der Grundform, Nebenzonen solche, welche durch andere Oktaëder und deren Combinationskanten mit Prismen bestimmt sind. Jedem Subindividuum müssen hier wenigstens zweierlei verschiedene Zonenverbände zu Grunde liegen, da durch einerlei Zonen der körperliche Raum nicht geschlossen ist. Das Minimum von Zonen ist in der Combination eines verticalen Prismas mit der Endfläche oder eines Querprismas mit der Längsfläche oder eines Längsprismas mit der Querfläche

vorhanden. Beim Aragonit sind die *a* und *c* Axe die Axen der tektonischen Hauptzonen.

Für die Zone der *a* Axe ist Längsfläche und Endfläche Grenzform, dazwischen liegen Längsprismen, an welche sich verschiedene Oktaëder, welche die *a* Axe in längerer Entfernung schneiden, anschliessen. Durch Oktaëder, welche beträchtlicher von den Zonen der Längsprismen abweichen, sind dann Nebenzonen bestimmt. Für die Zone der Hauptaxe sind Längs- und Querfläche Grenzformen, dazwischen liegen die verschiedenen verticalen Prismen, denen sich dann Oktaëder anschliessen, welche in mehr oder weniger vicinale Zonen der *c* Axe gehören. In ähnlicher Weise verhält es sich auch mit der durch die *b* Axe bestimmten Hauptzone.

5. Subindividuen im monoklinen System.

Dem Charakter des monoklinen Systems entsprechend müssen die Subindividuen als allgemeinste Gestalt die von rhombischen Prismen haben. Die Grenz- und Zwischengestalten derselben sind ihrer Lage gegen die Axen nach verschiedene.

Sehr einfache Subindividuen zeigt das essigsaure Kupferoxyd *) (Fig. 225); die Krystalle, Combinationen des verticalen Hauptprismas mit der Basis, lassen auf sämmtlichen Flächen Aetzfiguren erkennen, welche von zwei schiefen Prismen begrenzt sind; auf der Basis sind es schiefe Prismen, welche denselben schiefen Hauptschnitt haben, wie das monokline Grundoktaëder, so dass die Seiten des Rhombus den Combinationskanten des verticalen Prismas parallel gehen. Auf den Prismenflächen sind die Diagonalen der vierseitigen Eindrücke der Hauptaxe und der Verbindungslinie der Endpunkte der *a* und *b* Axe parallel, letztere schiefe Kante ist zuweilen durch ein vicinales verticales Prisma abgestumpft. Es haben also hier die Aetzeindrücke eine sehr einfache Beziehung zu den Axen. Dasselbe ist beim Gyps nach Baumhauer **) der Fall, die Aetzeindrücke auf der Längsfläche werden hervorgerufen von vicinalen verticalen und vordern schiefen Prismen.

---

*) Poggend. Ann. 150. Band, S. 619.

**) Baumhauer, Sitzungsberichte der Kgl. Akad. der Wissenschaften in München, 1875, S. 176.

Beim Pistazit hat Baumhauer *) gleichfalls die Aetzfiguren dargestellt und zwar durch kurze Behandlung mit einem heissen Gemisch von Flussspathpulver und Schwefelsäure. Die erhaltenen Aetzfiguren rechtfertigen die Stellung, welche schon bei den Zwillingen (S. 128) angenommen wurde. Bei den schönen Krystallen von der Knappenwand im Untersulzbachthal, welche nach der *b* Axe stark in die Länge gezogen sind, so dass die Flächen *M* (Basis), *T* (Querfläche) und *r* (hintere schiefe Endfläche) prismatisch ausgedehnt sind und am Ende begrenzt von den Flächen des hintern schiefen Prismas (*n*), erscheinen die Aetzfiguren am deutlichsten auf der Basis und dem hintern schiefen Prisma. Auf der Basis sind es im einfachsten Falle Dreiecke, hervorgerufen von Flächen eines vordern schiefen Prismas, welches die Basis in Kanten schneidet, die den Combinationskanten der letztern mit dem hintern schiefen Prisma und einer vicinalen hintern schiefen Endfläche parallel gehen. Auf den Flächen des hintern schiefen Prismas erscheinen gleichfalls dreieckige Eindrücke, welche nahezu gleichschenklig sind; die gleichen Schenkel gehen den Combinationskanten mit der Basis und mit der Querfläche parallel, wodurch die sie bildenden Flächen als solche bezeichnet sind, welche zwei hintern schiefen Prismen angehören. Die Flächen, welche die Basis des angeführten gleichschenkligen Dreiecks hervorbringen, gehören einem schiefen Prisma an, welches auf bekannte Flächen des Pistazits nicht zurückführbar ist.

Auf den Flächen selbst kommen die Subindividuen beim Adular **) zur Erscheinung, besonders auf den Flächen des verticalen Prismas, vorwiegend als vicinale verticale Prismen und in Combination mit sehr steilen vordern schiefen Prismen, welche in die durch die Combinationskante des verticalen Prismas mit der Basis bestimmte Zone gehören. Auf der Basis selbst treten diese schiefen Prismen mit vicinalen Endflächen in Combination, welche letztere dann häufig vorherrschen. Beim

---

*) Baumhauer, Sitzungsber. der Kgl. Akad. d. Wissensch. in München 1875, S. 103.

**) M. Websky, über die Streifung der Seitenflächen des Adulars, Zeitschrift d. Deutsch. geol. Ges. 1863, S. 677.

Harmotom sind besonders die vicinalen verticalen Prismen stark entwickelt (Fig. 145 und 146).

Tektonische Zonen. Die tektonischen Hauptzonen sind durch die dreierlei krystallographischen Axen und durch die viererlei Kanten der Grundform als Zonenaxen bestimmt; die Kanten und Verbindungslinien der Ecken anderer monokliner Oktaëder sind Zonenaxen von Nebenzonen. Auch hier müssen, wie im rhombischen System, immer wenigstens zwei Zonen bei den Subindividuen ausgebildet sein, da bei der einfachsten Form, der Combination eines Prismas mit einer schiefen Endfläche, zwei Zonen vorhanden sind.

Beim essigsauren Kupferoxyd sind die durch die dreierlei krystallographischen Axen bestimmten Zonen die tektonischen Hauptzonen, zu denen sich noch die Zonen der schiefen Diagonalen einer vordern und hintern schiefen Endfläche als Nebenzonen gesellen.

6. Subindividuen im triklinen System.

Die Begriffe von End-, Zwischen- und Grenzformen sind hier relative, da die Wahl der Endform in krystallographischer Beziehung eine willkürliche ist. Bei den Krystallen selbst geben sich jedoch die Grenzformen zunächst durch vorherrschende Ausbildung zu erkennen, dann aber auch daran, dass auf ihnen die Subindividuen besonders deutlich zur Erscheinung kommen. So wird beim Kupfervitriol (Fig. 227) die Fläche *g* als einer Grenzform angehörig charakterisirt, deren Zwischen- und Endformen in die durch die Combinationskanten mit den Flächen *a*, *b* und *c* bestimmten Zonen fallen, welche Flächen dann Zwischen- oder Grenzformen nach der andern Seite hin sind. Die Figur giebt nur die Anordnung der Subindividuen an; die Gestalt derselben ist eine im Allgemeinen rhombische, wobei die Rhomben parallel der rhombischen Begrenzung der Fläche liegen, ganz in ähnlicher Weise, wie es beim Gyps der Fall ist. Bei der leichten Darstellbarkeit und Löslichkeit der Kupfervitriolkrystalle kann man sich leicht von diesen Verhältnissen durch das Experiment überzeugen. Beim doppeltchromsauren Kali *) erhält man auf der vorwiegend ausgebildeten

---

*) Baumhauer, Poggend. Ann. Bd. 140, S. 274.

Fläche dreiseitige Vertiefungen, welche der Symmetrie des Systems entsprechend auf den beiden parallelen Flächen eine entgegengesetzte Lage haben müssen; die Aetzfiguren haben eine gewisse äusserliche Aehnlichkeit mit denen des Kalkspaths.

Tektonische Zonen. Die tektonischen Hauptzonen lassen sich hier in ähnlicher Weise, wie im monoklinen System, mit Zugrundelegung eines Grundoktaëders ausdrücken, dessen Kanten sechs, die Axen drei verschiedene Zonen bestimmen. Durch die Kanten und Verbindungslinien der Ecken anderer trikliner Oktaëder sind dann Nebenzonen bestimmt. Da der einfachste Körper in diesem System von drei sich schiefwinklig schneidenden Flächenräumen gebildet wird, so sind hier wenigstens drei tektonische Hauptzonen erforderlich, wenn geschlossene Formen entstehen sollen. Die tektonischen Hauptzonen geben ein gutes Mittel für eine naturgemässe Wahl der Grundform an die Hand.

Subindividuen bei Zwillingen.

Die bei den Zwillingen erkennbaren Subindividuen weichen in der Gestalt von derjenigen bei einfachen Krystallen ausserhalb der Zwillingsgrenze nicht ab und zeigen nur an der Zwillingsgrenze selbst Eigenthümlichkeiten, welche zur Erkennung der Zwillinge wesentlich beitragen. Es ist dabei von Einfluss, ob die Zusammensetzungsfläche zugleich Zwillingsebene ist, oder nicht; im erstern Fall sind die an der Zwillingsgrenze z. B. beim Aragonit von Bilin von Leydolt*) beobachteten Aetzfiguren selbst Zwillinge und die vielfache parallele Wiederholung erstreckt sich auch auf die Subindividuen, woraus sich ergiebt, dass die Zwillingsbildung den ganzen Bau des Krystalls beherrscht. Steht die Zwillingsebene senkrecht auf der Zusammensetzungsfläche, wie es z. B. bei den Aragoniten von Schwarz-Leogang im Salzburg'schen der Fall ist, so greifen die einzelnen Subindividuen zwillingsartig ineinander und sind untereinander mit der Zwillingsebene verwachsen, so dass die beiden Hauptindividuen sich im Allgemeinen unregelmässig, in den einzelnen Theilen geradflächig begrenzen. Die ineinandergreifenden Subindividuen lassen die Zusammensetzungsfläche auf den geätzten

*) A. a. O. S. 113.

Flächen als kammförmige Zonen (Fig. 112—115) hervortreten. Wären alle Subindividuen von beiden Hauptindividuen in gleicher Weise entwickelt, so würde die Zusammensetzungsfläche eine genau auf der Zwillingsebene senkrechte Ebene darstellen, da aber bald die Subindividuen des einen, bald die des andern Hauptindividuums über diese ideale Zusammensetzungsfläche übergreifen, so nimmt die kammförmige Zone einen unregelmässigen Verlauf und die Zusammensetzungsfläche ist eine krumme Fläche, welche bald nach der einen, bald nach der andern Seite von der auf der Zwillingsebene senkrechten Ebene abweicht.

Ganz ähnlich sind die Erscheinungen bei andern Durchwachsungszwillingen, z. B. des Quarzes, Eisenkieses etc.

Allgemeine Betrachtungen über die Gestalt der Subindividuen.

Haüy *) wurde zunächst durch die Spaltbarkeit des Kalkspaths nach dem Hauptrhomboëder darauf geführt, sich sämmtliche Kalkspathkrystalle aus kleinen Spaltungsrhomboëdern aufgebaut zu denken. Dies dehnte er dann auf alle Mineralien aus, indem er immer die Spaltungsgestalten als Kernformen (forme primitive) zu Grunde legte. Solcher Kernformen nahm er 6 an, das Parallelepipedon, Oktaëder, Tetraëder, regulär sechsseitige Säule, Rhombendodekaëder und Hexagondodekaëder. Durch weitere Theilung dieser Kerngestalten gelangte er dann auf die integrirenden Molecüle, das sind die drei einfachsten den Raum umschliessenden Körper, die 4flächigen, das Tetraëder, die 5flächigen, dreiseitigen Prismen mit Endfläche und die 6flächigen, die Parallelepipeda; diese hatten jedoch nur eine theoretische Bedeutung. Alle Krystallformen, welche nicht die Gestalt der Kernform haben, nannte Haüy secundäre Formen.

Während also Haüy bei den Krystallen die einfachsten Formen als die sie constituirenden Theilchen annahm, so ergiebt sich aus der Darstellung der Subindividuen niederer Stufe, dass die kleinsten erkennbaren Theilchen der Krystalle gerade sehr complicirte sind und dass auch die einfachsten Formen, wie Oktaëder, Hexaëder, Rhomboëder etc. aus solchen complicirten Theilchen bestehen. Diese Subindividuen sind meist von vici-

---

*) Haüy, essai d'une théorie, sur la structure des cristaux, Paris 1784, Traité de Minéralogie 1801.

nalen Flächen begrenzt, welche in der Regel nur die Angabe der Zonen gestatten, in welche sie gehören, nicht eine genauere Bestimmung der Axenabschnitte. Meist treten verschiedene vicinale Flächen derselben Zone in Combination, was die Bestimmung sehr erschwert. Nach den sorgfältigen Messungen Websky's *) beim Adular ist es höchst wahrscheinlich, dass die Parameterabschnitte der verschiedenen vicinalen Flächen einer Zone arithmetische Reihen bilden. Bei den vicinalen verticalen Prismen zwischen der Querfläche und den Flächen des verticalen Hauptprismas fand Websky, die *b* Axe = 1 gesetzt, folgende Coëfficienten für die *b* Axe: $^{7}/_{13}$, $^{11}/_{13}$, $^{4}/_{5}$, $^{7}/_{8}$, $^{8}/_{9}$, $^{9}/_{0}$, von denen die beiden 1. einer Reihe, die 4 andern einer 2. Reihe angehören; die vicinalen Flächen zwischen dem verticalen Hauptprisma *g* und $^{1}/_{3}g$ $(a : {}^{1}/_{3}b : \infty c)$, geben folgende Coëfficienten der *a* Axe:

$$^{42}/_{41},\ ^{18}/_{17},\ ^{12}/_{11},$$

welche man sich zerlegen kann in

$$\frac{6\times7}{(6\times7)-1},\quad \frac{6\times3}{(6\times3)-1},\quad \frac{6\times2}{(6\times2)-1}.$$

Neuerdings hat V. v. Zepharovich **) ähnliche arithmetische Reihen von vicinalen Flächen beim Aragonit von Eisenerz in Kärnten nachgewiesen. Die vicinalen Flächen kommen bei diesen und andern Krystallen an Hauptindividuen vor und bilden zuweilen sogar die alleinige Begrenzung. Da nun die Subindividuen höherer Stufe in der Form mit Hauptindividuen übereinstimmen, so können auch diese vicinale Flächen haben und es fällt dann der Unterschied in der Form zwischen Subindividuen höherer und niederer Stufe fort.

Die Bedeutung der Subindividuen für die theoretische Krystallographie lässt sich in folgenden Sätzen zusammenfassen.

1) Die Bestimmung der Subindividuen kann in zweifelhaften Fällen über das System Aufschluss geben, welchem ein Krystall angehört. Hat man es beispielsweise mit einem Krystall zu thun, welcher eine hexaëdrische Gestalt hat, so ist dadurch, dass auf allen Flächen

*) Websky, Streifung an den Seitenfl. d. Adulars a. a. O. S. 177.

**) Sitzungsb. der K. K. Akad. d. Wissensch. in Wien, I. Abth., April-Heft, Jahrg. 1875.

gleiche Subindividuen auftreten, ausgeschlossen, dass der Krystall dem quadratischen, rhombischen, monoklinen oder triklinen System angehört, er kann nur regulär oder rhomboëdrisch sein. Ersteres ist dann der Fall, wenn die Subindividuen nach allen Ecken und Kanten eine gleiche Symmetrie, oder eine durch die Gesetze der Hemiëdrie bestimmte, haben; letzteres, wenn nach zwei einander diametral gegenüberliegenden Ecken eine gleiche, nach den beiden andern eine verschiedene Symmetrie stattfindet.

Haben die Subindividuen auf einer Fläche eine gleiche, auf den beiden andern eine verschiedene Gestalt, so hat man es mit einem quadratischen Krystall zu thun, wenn die Symmetrie der Subindividuen auf den beiden einzelnen Flächen eine quadratische ist, mit einem rhombischen Krystall, wenn sich in der Symmetrie ein Unterschied von rechts und links gegenüber vorn und hinten wahrnehmen lässt. Wäre die Form ein monoklines Prisma von nahezu 90° mit ungefähr horizontaler Basis, so müssten auf den beiden einzelnen Flächen die Subindividuen nur in einer Richtung symmetrisch sein und auf der einen Fläche eine entgegengesetzte Lage haben, wie auf der andern, ihr parallelen.

Schliesslich ist noch der Fall möglich, dass auf allen 3 Flächen der hexaëdrischen Form die Subindividuen eine verschiedene Gestalt haben. Bei einem rhombischen Krystall zeigen dann sämmtliche Subindividuen die rhombische Symmetrie und haben auf je zwei parallelen Flächen die gleiche Lage. Bei einem triklinen Krystall werden bei allen drei Flächenräumen je zwei parallele Flächen die Subindividuen in entgegengesetzter Lage zeigen. Bei einem monoklinen Krystall wird dies nur bei zwei Flächenräumen der Fall sein, bei dem 3., der Längsfläche, müssen die Subindividuen auf den beiden parallelen Flächen eine gleiche Lage haben.

Ganz in derselben Weise kann man sich die Gesetze der Gestalt der Subindividuen für oktaëdrische und dodekaëdrische Formen leicht ableiten.

2. Mit Hülfe der Subindividuen kann man die hemiëdrischen und tetartoëdrischen Krystalle von den holoëdrischen, sowie die verschiedenen Stellungen der hemiëdrischen Formen unterscheiden. Beweise liefern beispielsweise die Fig. 177 dargestellte Hexaëderfläche, die

Oktaëderfläche Fig. 187, der Quarz Fig. 213, bei welchem letztern ersichtlich ist, dass die Aetzfiguren auf dem 1. Rhomboëder eine andere Lage haben, wie auf dem 2. Weitere Beweise lassen sich leicht aus dem Vorhergehenden herausfinden.

3. Durch die Subindividuen erkennt man die wahre Natur der Formen mit einfachem krystallographischen Zeichen, das heisst, als die Grenzgestalten welcher Formen sie zu betrachten sind. Es genügt nicht, wenn man von einem Mineral sagt, dass es im Hexaëder krystallisirt, da dieses Hexaëder die Grenzform verschiedener Formen sein kann; so ist die Fig. 174 dargestellte Fläche eines Hexaëders des Flussspaths einem Hexaëder angehörig, welches die Grenzform von Tetrakishexaëder ist, beim Bleiglanz (Fig. 175) erweist sich das Hexaëder als Grenzgestalt von Ikositetraëder u. s. w. Dasselbe gilt vom Oktaëder, sowie von den Grenzformen der übrigen Systeme.

4. Die Subindividuen niederer Stufe lassen bei den Zwillingen erkennen, ob die Zusammensetzungsfläche zugleich Zwillingsebene ist oder nicht. Die Zusammensetzungsfläche ist zugleich Zwillingsebene, wenn sie auch die Zusammensetzungsfläche der Subindividuen niederer Stufe ist.

Auch für die Mineralogie ist die Bestimmung der Subindividuen und tektonischen Zonen von grosser Wichtigkeit, da mit ihrer Hülfe eine naturgemässe Unterscheidung von Haupttypen möglich ist.

Bei den Krystallen ein und derselben Mineralspecies ist die Mannigfaltigkeit in der Gestalt der Subindividuen niederer Stufe verschieden, je nachdem die Krystallreihe des betreffenden Minerals selbst mehr oder weniger mannigfaltig ist. Im Allgemeinen jedoch sind die tektonischen Hauptzonen bei den Subindividuen der verschiedensten Krystalle dieselben und fallen dann zusammen mit den Zonen, in denen auch die Krystallflächen selbst vornehmlich entwickelt sind. Beim Bleiglanz z. B. sind die prismatischen Zwischenaxen die Zonenaxen der tektonischen Hauptzonen und in diese Zonen gehören auch die meisten der beim Bleiganz beobachteten Flächen, Oktaëder, Hexaëder, Dodekaëder, Ikositetraëder und Triakisoktaëder.

Andere Mineralien zeigen bei verschiedenen Krystallen verschiedene tektonische Hauptzonen, so der Flussspath die durch

die Grundaxen und prismatischen Axen bestimmten Zonen. Auf diese Weise sind zwei wesentlich von einander verschiedene Typen von Krystallen bestimmt. Wenn die Grundaxen tektonische Zonenaxen sind, treten besonders Tetrakishexaëder und den Tetrakishexaëdern nahe stehende Hexakisoktaëder auf und die Krystalle haben meist die Form von Hexaëdern, welche parallel den Kanten gestreift sind; wenn Oktaëder auftreten, so lassen die Flächen die Ecken der sie bildenden Subindividuen erkennen und sind in Folge dessen nicht glattflächig, z. B. bei den rothen Oktaëdern aus der Schweiz. Wenn dagegen die prismatischen Axen die Axen der tektonischen Hauptzonen sind, so treten besonders Triakisoktaëder und Ikositetraëder auf und die Krystalle haben meist eine oktaëdrische Gestalt mit glatten Oktaëderflächen, z. B. Flussspath von Striegau in Schlesien, Kongsberg in Norwegen; Hexaëder sind dann nach den Diagonalen der Flächen gestreift, wie es schön bei den mit einem Hexakisoktaëder combinirten Hexaëdern aus dem Münsterthal in Baden zu sehen ist.

2. Stellung der Subindividuen gegeneinander.

Nach den Gesetzen der theoretischen Krystallographie müssen die Subindividuen bei einfachen Krystallen sämmtlich in paralleler Stellung angeordnet sein, wie es z. B. bei den Hexaëdern das Flussspaths (Fig. 173) der Fall ist. Von diesem Gesetz des Parallelismus kommen jedoch vielfach Abweichungen vor und zwar in der Art, dass die Subindividuen nur nahezu parallel sind, also einander entsprechende Flächen zweier angrenzender Individuen einen sehr stumpfen oder sehr spitzen Winkel bilden (vergl. Fig. 195, gd. Silber). Diese Art der Stellung der Subindividuen wird Hypoparallelismus*) genannt, die Subindividuen selbst stehen dann gegeneinander hypoparallel.

---

*) Scacchi a. a. O. S. 159 hat die hier unter dem Namen „Hypoparallelismus" aufgeführten Erscheinungen als Poliëdrie beschrieben und unter diesem Namen die Erscheinung der vicinalen Flächen inbegriffen. M. Websky a. a. O. S. 157 hat zuerst gezeigt, dass Scacchi zwei wesentlich verschiedene Erscheinungen unter einem Namen vereinigt hat. Später wurde von A. Sadebeck a. a. O. S. 43 der Name „Hypoparallelismus" eingeführt.

a) Die parallele Stellung der Subindividuen bedarf keiner weitern Erläuterung, alle einander entsprechenden Flächen sämmtlicher Subindividuen eines Hauptindividuums sind unter einander parallel; sehr kleine, kaum merkbare Abweichungen vom Gesetze des Parallelismus bilden den Uebergang zur

b) hypoparallelen Stellung der Subindividuen. Zwei Subindividuen, welche sich in hypoparalleler Stellung befinden, haben gegeneinander geneigte Axenkreuze und obgleich in Folge dessen sämmtliche Flächen oder doch wenigstens die meisten gegen einander geneigt sind, so tritt der Hypoparallelismus besonders an gewissen Flächen hervor, welche am meisten ausgebildet sind und direkt aneinander treten, so beim Desmin (Fig. 223) an den Längsflächen, beim Eisenglanz, den sogenannten Eisenrosen (Fig. 219) an den geraden Endflächen. Denkt man sich an einen Desminkrystall von der Form, Längs- und Querfläche mit oktaëdrischer Zuspitzung (El. I Fig. 163), einen andern angelegt, welcher gegen den erstern nur um die *a* Axe ein weniges gedreht ist, so werden die Querflächen beider Krystalle parallel bleiben und die Längsflächen gegen einander unter einem sehr spitzen Winkel geneigt sein. Ragt der gedrehte Krystall aus dem erstern heraus, so werden aussen die Längsflächen unter einem sehr stumpfen Winkel zusammenstossen. Wendet man nun bei dem zweiten Krystall auch eine kleine Drehung um die *b* Axe an, so werden auch die Querflächen beider Krystalle gegen einander geneigt sein. Eine derartige hypoparallele Stellung erhält man auch durch Drehung um eine Axe, welche dann aber keine krystallonomische Linie ist. Die Drehungsaxen kann man Hypoparallelismusaxen nennen; wenn dieselben zugleich krystallographische Axen oder Normalen ausgebildeter Flächen sind, entsteht partieller, wenn dieselben anderweitige nicht krystallonomische Linien sind, totaler Hypoparallelismus.

1) Bei dem partiellen Hypoparallelismus ist der einfachste Fall der, dass sämmtliche Subindividuen ein und dieselbe parallele Axe haben, wie es beim Desmin der Fall ist. Diese Axe kommt hier auch besonders deutlich zur Erscheinung, da die auf ihr senkrechte Fläche, die Querfläche, welche bei allen Individuen zusammenfällt, ausgebildet ist. Ist dagegen bei einem hexagonalen Prisma 1. Ordnung eine 1. Nebenaxe die

bei allen Subindividuen parallele Axe, so haben die einzelnen Subindividuen nicht zusammenfallende Flächen, denn dies könnte nur eine Fläche des 2. Prismas sein.

Der Winkel, welchen zwei in hypoparalleler Stellung befindliche Individuen bilden, ist zwar immer sehr klein, kann jedoch sehr verschieden sein, er kann von nur wenigen Sekunden bis zu mehreren Minuten schwanken, bei Subindividuen höherer Stufe auch in die Grade hineingehen. Legt sich nun an zwei hypoparallele Individuen ein drittes an, so kann der Winkel, welchen Individuum II und III bilden, ein etwas anderer sein als der zwischen I und II. An III kann sich nun ein Individuum IV hypoparallel anlegen, an IV ein V. und so fort, so dass der Hypoparallelismus ein sehr weitgehender sein kann und die Subindividuen sich immer mehr von dem I. Individuum entfernen. So werden beim fortgesetzten Hypoparallelismus die Individuen immer mehr und mehr gegen das I. geneigt sein, was bei 90° die Grenze erreicht; geht der Hypoparallelismus darüber hinaus, so nähern sich die Individuen wieder mehr dem I. und es wird schliesslich bei 180° der Kreis geschlossen werden.

Da nun beim Desmin das obere und untere Ende gleich ausgebildet ist, so werden hier unter sämmtlichen Subindividuen zwischen 0° und 180° je zwei gegen einander immer eine ähnliche Stellung haben. Hat man es jedoch mit einem hemimorphen Mineral, z. B. Kieselzinkerz zu thun und denkt man sich von beiden Endpunkten der hemimorphen Axe aus, hier der Hauptaxe, einen bis 90° fortgesetzten Hypoparallelismus, so werden zwei nahezu in 90° sich begegnende Subindividuen nicht einfach, sondern zwillingsartig hypoparallel sein, indem neben das analoge Ende des einen Subindividuums das antiloge des andern zu legen kommt.

Dasselbe würde der Fall sein, wenn von einem Ende aus die Subindividuen sich bis zu 180° hypoparallel das eine an das andere liegen würden.

Es kann also bei hemimorphen Krystallen durch den Hypoparallelismus schliesslich die Zwillingsstellung der Individuen nahezu erreicht werden. Ganz allgemein muss durch fortgesetzten Hypoparallelismus immer eine annähernde Zwillingsstellung erzeugt werden, wenn die Hypoparallelismusaxe zugleich Zwillingsaxe ist oder sein kann.

Die Hypoparallelismusaxen der hypoparallel gestellten Subindividuen können gegeneinander eine verschiedene Lage haben, eine centrale oder longitudinale.

Bei der centralen Lage fallen die Hypoparallelismusaxen der einzelnen Subindividuen zusammen oder doch nahezu zusammen und die Individuen sind kreisförmig angeordnet, so dass man die Lage der einzelnen Individuen auf mechanischem Wege erhalten kann, wenn man ein Individuum um die Hypoparallelismusaxe dreht. Die auf der Drehungsaxe senkrechte Fläche fällt dann bei allen Subindividuen in eine Ebene, vorausgesetzt, dass diese Axe bei allen eine gleiche Länge hat (vergl. Desmin Fig. 223).

Bei der longitudinalen Lage der Subindividuen fallen die Hypoparallelismusaxen nicht zusammen, sondern liegen so nebeneinander, dass sie sich mit ihren Enden berühren oder doch nahezu berühren. Berühren sie sich mit ihren Enden, so bilden sämmtliche Axen eine gerade Linie. Die Subindividuen legen sich dann mit den auf der Hypoparallelismusaxe senkrechten Flächen aneinander, so dass die Flächen, welche in die durch diese Axe bezeichnete Zone gehören, in ihrer Vereinigung gekrümmte Flächen darstellen.

Eine derartige longitudinale Lage der Subindividuen zeigt zuweilen der Quarz (Fig. 215). Die Hypoparallelismusaxe ist hier die von rechts nach links laufende 1. Nebenaxe und die Subindividuen legen sich mit der auf dieser Axe senkrechten Fläche des 2. Prismas hypoparallel aneinander. Die Prismen- und Rhomboëderflächen, welche in die Zone der Hypoparallelismusaxe gehören, erscheinen nun als gekrümmte Flächen.

Der partielle Hypoparallellismus kann auch nach mehreren Axen, welche eine gleiche krystallographische Bedeutung haben, zugleich stattfinden. Die einer und derselben Hypoparallelismusaxe angehörigen Subindividuen kann man dann in eine Gruppe vereinigen, so dass die Anzahl der Gruppen mit der Zahl dieser Axen zusammenfällt und alle Subindividuen einer und derselben Gruppe die eben geschilderten Beziehungen zu einander haben. Sind z. B. für ein Hexaëder die Grundaxen Hypoparallelismusaxen, so sind auf jeder Hexaëderfläche zwei Gruppen von hypoparallelen Subindividuen vorhanden, z. B. beim Flussspath. In ähnlicher Weise können hexagonale Tafeln drei

verschiedene Gruppen zeigen, bestimmt durch die Nebenaxen, was zuweilen bei Eisenglanztafeln der Fall ist. Die verschiedenen Gruppen angehörigen Subindividuen stehen gegen einander total hypoparallel, wodurch ein Uebergang zum totalen Hypoparallelismus gegeben ist.

b) Der totale Hypoparallelismus ist ausser diesem Uebergange noch durch andere mit dem partiellen verbunden. Da man die Hypoparallelismusaxe hier in zwei Axen von einfacher krystallographischer Lage zerlegen kann, so entstehen Annäherungen an den partiellen Hypoparallelismus dadurch, dass die Drehung nach einer der Axen die vorherrschende ist. Diese Art des totalen Hypoparallelismus ist die häufigste und ihre allgemeinen Beziehungen lassen sich leicht durch kleine Modificationen des partiellen entwickeln, so dass man auch hier noch centralen und longitudinalen unterscheiden kann.

Für erstern liefern Eisenrosen aus der Schweiz Beispiele, bei denen die vorherrschenden Hypoparallelismusaxen die Nebenaxen sind, die untergeordnete die Hauptaxe; die Individuen blättern sich gewissermassen vom Mittelpunkt der Endfläche aus auf (Fig. 219). Longitudinalen Hypoparallelismus zeigen meist die schon beim partiellen erwähnten sogenannten gedrehten Quarze (Fig. 215), bei welchen zu der herrschenden Hypoparallelismusaxe, einer Nebenaxe, noch die Hauptaxe als Drehungsaxe hinzutritt. Durch Drehung in der letztern wird natürlich der Parallelismus der 1. Drehungsaxen aufgehoben, welche nun nicht mehr eine gerade, sondern krumme Linie bilden.

Die Krümmung, welche die Gruppe (Fig. 215) zeigt, kann man sich auf mechanischem Wege in folgender Weise vorstellen.*) Man denke sich einen nach einer Prismenfläche tafelförmigen Quarzkrystall aus einer dem Druck nachgebenden weichen Masse bestehend, fasse die Ecken der breiten Prismenflächen mit Daumen und Zeigefinger beider Hände so an, dass oben wie unten dem Daumen der einen Hand der Zeigefinger der andern diametral gegenüberliegt und stelle sich dann die Masse mit dem Daumen in der einen Richtung (hier nach

---

*) Weiss, Abh. d. Kgl. Akad. d. Wissensch. zu Berlin 1836, S. 187.

hinten), mit den Zeigefinger in der entgegengesetzten (hier nach vorn) gedrückt vor. Die beiden Daumen werden der vordern Prismenfläche eine Convexität in der Richtung einer ihrer Diagonalen geben, die Zeigefinger der parallelen Fläche eine Convexität nach der andern Diagonale; der Convexität der einen Fläche geht eine Concavität der andern parallel und umgekehrt. Die Krümmung ist also doppelt auf den tafelförmigen Prismenflächen und erstreckt sich auch auf die Rhomboëderflächen, welche auf ihnen aufgesetzt sind. Man ersieht aus der Figur, dass bei dem angenommenen mechanischen Druck die Daumen auf Trapezflächen aufliegen und zwar im vorliegenden Falle auf linken, die Krümmung also im innigsten Zusammenhange mit der tetartoëdrischen Natur des Quarzes steht. Jenachdem nun die Trapezflächen rechte oder linke sind, sind auch die Krümmungen verschieden, so dass man rechts und links gedrehte Quarze unterscheiden kann.

Sind zwei Hypoparallelismusaxen vorhanden, von denen keine vorherrscht, so ist die Gesetzmässigkeit in der gegenseitigen Stellung der Subindividuen nur dann noch erkennbar, wenn der Hypoparallelismuswinkel der angrenzenden Individuen nicht zu gross ist, wie z. B. bei den sattelförmigen Rhomboëdern des Braunspaths (Fig. 218), als deren Hypoparallellismusaxen man die Haupt- und Nebenaxen annehmen kann.

Sind die Hypoparallelismuswinkel sehr gross und sehr grossen Schwankungen unterworfen, so tritt die Gesetzmässigkeit der Anordnung so zurück, dass sie sich nicht mehr definiren lässt; derartige Gruppirungen sind dann nur noch als Zusammenhäufungen von Krystallen zu bezeichnen, z. B. kuglige Zusammenhäufungen von Kupferlasur-, Eisenkies-Krystallen etc.

Im Gegensatz zu diesen nicht auf krystallographische Gesetze überhaupt zurückführbaren Zusammenhäufungen von Krystallen sind die hypoparallelen Gruppirungen von Subindividuen als gesetzmässige unverkennbar. Bei ihnen hat es den Anschein, als ob die Individuen den Parallelismus angestrebt, aber nicht erreicht hätten. Die nur geringen Abweichungen in den Winkeln der angrenzenden Individuen führen dahin, hypoparallele Individuen als Subindividuen eines Hauptindividuums aufzufassen, da sie augenscheinlich denselben krystallographischen Gesetzen unterworfen sind. Nicht nur die Regel-

mässigkeit, sondern auch die Häufigkeit besonders sehr geringer Hypoparallelismen erheischt diese Auffassung. Wollte man hier streng an den von der theoretischen Krystallographie vorgeschriebenen Gesetzen halten, so müsste man zwei hypoparallel verwachsene Individuen, mag ihr Hypoparallelismuswinkel noch so gering sein, als zufällige und unregelmässige Zusammenhäufungen zweier Individuen bezeichnen, eine Auffassung, die sich nicht aufrecht erhalten lässt, wie sich sogleich aus der Betrachtung der Einigung von Subindividuen ergeben wird.

3. Einigung der Subindividuen.

Unter Einigung der Subindividuen versteht man die Art und Weise, wie dieselben unter einander in Zusammenhang treten. Die Einigung erfolgt in erster Linie in Reihen (Fig. 169 bis 172), die Raumerfüllung ist eine unvollständige und es kommt kein Hauptindividuum zur Erscheinung. Wegen der Selbstständigkeit, welche bei dieser Art der Einigung die Subindividuen haben, hat man dieselbe auch als regelmässige Verwachsung von Krystallen bezeichnet. Die Reihen, in denen die Anordnung der Subindividuen stattfindet, heissen tektonische Axen. Bei vollkommener Einigung der Subindividuen wird der Raum zwischen den Hauptreihen durch Nebenreihen immer mehr und mehr ausgefüllt, die Subindividuen bilden zusammenhängende Flächen, tektonische Flächen, welche als Krystallflächen zur Erscheinung kommen, so dass ein Hauptindividuum entsteht.

Im Folgenden soll zunächst die Einigung der Subindividuen in tektonischen Axen und die in tektonischen Flächen, dann die Bildung der Hauptindividuen dargestellt werden.

A. Einigung in tektonischen Axen.

Die Stellung der Subindividuen gegeneinander ist theils eine parallele, theils eine hypoparallele und die Einigung der Subindividuen erfolgt in Ecken, Kanten oder Flächen.

a) Einigung in Ecken stellt der sogenannte gestrickte Bleiglanz (Fig. 169) dar, die Subindividuen sind Oktaëder, also höherer Stufe und berühren sich nur mit den Ecken. Sehr zierlich zeigt diese Einigung unter dem Mikroskop Magneteisen in Basalten und Laven und besonders in dem langsam erkalteten

Schmelzprodukt des Syenit von Mount Sorrel in Leicester *). Dies ist der niedrigste Grad der Einigung, bei höherem Grade greifen die einzelnen Individuen ineinander ein, wie es das gd. Silber (Fig. 172) zeigt, jedes Subindividuum, hier ein Hexaëder, umschliesst zum Theil dasjenige benachbarte, welches dem Mittelpunkt der Gruppe näher liegt, so dass immer die äussersten am vollständigsten ausgebildet sind.

Wenn bei dieser Einigung Flächen vorhanden sind, welche der tektonischen Axe parallel gehen, so werden diese bei den verschiedenen Individuen zusammenfallen und können dann zusammenhängende Flächen bilden, aus denen die einzelnen Individuen nur als Ecken herausragen; dies ist z. B. beim Kalkspath (Fig. 203) der Fall, aus Flächen des 2. Prismas ragen rhomboëdrische Subindividuen heraus. Hierbei ist der Grad der Einigung der einzelnen Subindividuen nicht immer derselbe, es können einzelne Individuen mehr, andere weniger innig verwachsen sein, während Fig. 203 eine vollkommen regelmässige Verwachsung darstellt.

Bei verschiedener Grösse der Subindividuen lassen dann die grössern selbst wieder ihre Einigung aus kleinern deutlich erkennen, wie es bei Fig. 195 der Fall ist, welche eine hypoparallele Einigung von Hexaëdern des gd. Silbers darstellt. In Folge des Hypoparallelismus erscheinen die Flächen der grössern Individuen gekrümmt. Treten die Subindividuen mehr zurück, so erscheinen derartige Gruppen auch zuweilen haarförmig oder moosförmig gekrümmt, was häufig beim Silber der Fall ist.

b) Einigung in Kanten zeigt das gd. Kupfer (Fig. 171)**), die Hexaëder sind in der Richtung der prismatischen Axen angeordnet, so dass sie sich in Kanten berühren würden, wenn jedes Hexaëder vollständig entwickelt wäre, während bei der Figur ein Uebergreifen der einzelnen Hexaëder stattfindet, ähnlich wie bei Fig. 172. Durch dieses Uebergreifen findet eine grössere Einigung zwischen einzelnen Individuen statt, so dass Subindividuen verschiedener Stufe zur Erscheinung kommen (gd. Kupfer Fig. 170). Dies ist besonders dann der Fall, wenn

---

*) F. Zirkel, N. Jahrb. f. Mineral. 1870 S. 817

**) G. Rose, Reise nach dem Ural I S. 401.

die Einigung vorzugsweise nach den in einer Ebene liegenden Axen stattfindet, wodurch schon der Anfang zu einer tektonischen Fläche gegeben ist. So findet bei Fig. 170 die Anordnung vorzugsweise nach den drei in einer Oktaëderfläche liegenden prismatischen Axen statt, also nach drei sich unter 60° schneidenden Richtungen. Auf diese Weise entstehen bei der vollkommenen Einigung der Subindividuen Platten und Bleche, so beim Gold, Kupfer, Silber. Die Subindividuen sind auf denselben theils direkt erkennbar, theils werden sie erst durch Aetzung sichtbar. Ganz in derselben Weise findet die Einigung beim Eisenglanz (Fig. 200) in der geraden Endfläche nach den 1. Nebenaxen statt.

Es tritt dann bald die eine bald eine andere Richtung mehr hervor, die einzelnen Richtungen greifen ineinander, so dass die Verwachsung ein netzähnliches Aussehen erhält, mit grössern oder kleinern Maschen, das heisst mit grössern oder kleinern Zwischenräumen zwischen den einzelnen Subindividuen.

Beim Kalkspath kommen zuweilen Anordnungen nach einer 2. Nebenaxe als tektonischen Axe vor (Fig. 206), bei denen sich die verschiedene Stufe der Subindividuen schon darin geltend macht, das einige tafelförmig, die andern dagegen prismatisch ausgebildet sind.

c) Die Einigung in Flächen besteht darin, dass sich die einzelnen Subindividuen mit Flächen aneinander legen, wobei auch ein Uebergreifen und Hypoparallelismus vorkommen kann, wie bei den oben beschriebenen Verwachsungen. Eine derartige Einigung zeigen Hexaëder von Rothkupfererz, welche dann auch nach der Hauptaxe, in welcher die Einigung erfolgt, langgestreckte Subindividuen darstellen *). Durch hypoparallele Einigung entstehen haarförmige Gestalten, in ähnlicher Weise, wie beim gd. Silber.

Diesen reihenförmigen Einigungen von Subindividuen, welche man mit blossem Auge wahrnehmen kann, schliessen sich mikroskopische an, z. B. in Schlacken und Gläsern, beim Eise etc. **)

---

*) G. Rose, Krystalloch. Minerals. S. 63.

**) Vogelsang, die Krystalliten, herausgegeben von F. Zirkel, Bonn 1875.

Bei diesen kommen jedoch keine deutlichen Subindividuen zur Erscheinung, sondern kuglige und ellipsoidische Formen, welche Vogelsang mit dem Namen „Krystalliten" belegt hat und nadelförmige Gebilde „Mikrolithen." Die Krystalliten und Mikrolithen sind mehr oder minder vollkommen in Reihen unter einander geeinigt (Margarite). Die Reihen selbst kreuzen sich unter Winkeln von 90°, 45° oder 60°, zu den Hauptreihen treten Nebenreihen, so dass Formen mit äusserer Begrenzung entstehen, welche Oktaëdern und hexagonalen Tafeln ähneln. Wenn man eine Lösung von Schwefel in Schwefelkohlenstoff mit Canadabalsam gemengt auf ein Objectivgläschen legt und bei ungefähr 500facher Vergrösserung betrachtet, so kann man die Entstehung der Krystalliten und ihre reihenförmige Einigung beobachten, daneben aber auch Subindividuen, welche die Form der Grundform des rhombischen Schwefels deutlich erkennen lassen. Diese winzigen Oktaëder legen sich theils mit Ecken, theils mit Seiten zu Reihen parallel aneinander und bilden langgestreckte Nadeln, welche in Folge der Einigung aus Subindividuen sägenartig gezackt sind. Bei allen derartigen mikroskopischen Bildungen sind hypoparallele Einigungen ausserordentlich häufig.

B. Einigung in tektonischen Flächen.

Bei den Krystallen giebt es bestimmte Flächen, auf denen die Subindividuen theils direkt, theils durch Aetzung besonders deutlich hervortreten; diese Flächen heissen tektonische Flächen. In ihnen hat die Einigung der Subindividuen vorzugsweise stattgefunden und zwar in der Art, dass sich nach diesen Flächen immer neue Schalen auf dem Krystall ablagerten. Die Einigung der Subindividuen in den Flächen ist eine mehr oder minder vollkommene, so dass die Flächen mehr oder weniger continuirlich von Subindividuen bedeckt sind. Ferner ist auch die Art und Weise der Einigung eine verschiedene, zuweilen sind die Subindividuen gewissermassen miteinander verschmolzen, zuweilen erscheinen sie, besonders wenn sie höherer Stufe sind, als selbstständige Individuen (polysynthetische Krystalle). Weitere Unterschiede ergeben sich noch, jenachdem die Subindividuen parallel oder hypoparallel gegeneinander gestellt sind. Alle diese Verschiedenheiten in der Einigung bewirken eine verschiedene Beschaffenheit der Krystallflächen.

1. Drusigkeit.

Die Drusigkeit der Krystallflächen besteht darin, dass Ecken oder Krystalltheile von grössern Subindividuen herausragen, welche, untereinander verwachsen, die zuletzt gebildete Krystallfläche darstellen. So ist Figur 173 ein Oktaëder des Flussspaths von Tavistock in Devonshire, dessen Flächen durch hexaëdrische Hervorragungen drusig sind. Hier haben die Subindividuen eine andere Gestalt als das Hauptindividuum, die durch die Einigung hervorgerufenen Oktaëderflächen sind als wirkliche Flächen nicht vorhanden, sondern sind nur die Flächen, in denen die Einigung der Subindividuen stattgefunden hat. Derartige Flächen kann man zum Unterschiede von wirklichen Krystallflächen componirte Flächen nennen.

Weitere Beispiele für componirte Krystallflächen sind häufig, zunächst beim Flussspath aus Hexaëderecken componirte Dodekaëderflächen, beim Fahlerz 2. Tetraëder componirt aus Ecken des Dodekaëders *); beim Manganit gerade Endfläche componirt aus Oktaëderecken etc.

Der Uebergang zu wirklichen Krystallflächen besteht darin, dass bei den Subindividuen die Fläche, in welcher sie angeordnet sind, selbst ausgebildet ist, wie beim Bleiglanz (Fig. 183); die Subindividuen haben auf den Oktaëderflächen hier, wie beim Flussspath eine vorwiegend hexaëdrische Gestalt, aber meist in Combination mit der Oktaëderfläche, auf welcher sie heraustreten.

Haben die Subindividuen bei vollkommener Einigung dieselbe Gestalt, wie das Hauptindividuum, so können die Flächen nur dadurch drusig erscheinen, dass die Subindividuen hypoparallel angeordnet sind. So giebt es häufig Hexaëder des Flussspaths und Bleiglanzes, aus deren Flächen Hexaëderecken herausragen, wodurch die Flächen gewissermassen aufgeblättert erscheinen, wie es auch bei den sogenannten Eisenrosen (Fig. 219) der Fall ist, welche dieser Aufblätterung den Namen verdanken; die Subindividuen haben hier die Gestalt von hexagonalen Tafeln. Da die Aufblätterung meist nach aussen stattfindet, so erscheinen

*) A. Sadebeck, über Fahlerz etc. a. a. O. S. 54.

die Flächen bei einer derartigen hypoparallelen Einigung nach dem Mittelpunkt hin vertieft.

Ragen aus den Krystallflächen nur kleinere Subindividuen hervor, so nennt man die Flächen rauh, z. B. beim Flussspath von Donatzka im Banat die Oktaëderflächen, welche von Hexaëderecken gebildet sind. Bei noch kleinern Hervorragungen, an denen die Gestalt der Subindividuen äusserst schwer zu erkennen ist, nennt man die Flächen matt, z. B. die Flächen der eingewachsenen Leucitkrystalle, beim Quarz die Trapezflächen u ($a : {}^1/_4\, a : {}^1/_3\, a : c$) etc.

Die Drusigkeit erstreckt sich nicht immer gleichmässig über die ganze Fläche, die Subindividuen sind häufig zu Schalen geeinigt, welche die Flächen nur theilweise bedecken, wie es der Bleiglanz von Gonderbach (Fig. 183) sehr schön zeigt. Auf diese Weise entstehen allerhand wellen- und landkartenähnliche Zeichnungen, die auf den ersten Anblick unregelmässig begrenzt zu sein scheinen, bei näherer Betrachtung erkennt man jedoch bei den Schalen am Rande die Subindividuen. Auch können in der Anordnung der Subindividuen bestimmte Reihen hervortreten.

Die Drusigkeit, Rauhheit oder Mattheit der Flächen erleichtern häufig ihre Erkennung, da sich diese Eigenschaften bei allen gleichnamigen Flächen von Krystallen eines und desselben Fundorts wiederholen, ja in vielen Fällen noch eine weitergehende Bedeutung haben. So ist z. B. die Trapezfläche u bei fast allen Quarzkrystallen rauh, die Oktaëderflächen des Flussspaths sind häufig drusig oder rauh. Es kommen jedoch beim Flussspath auch glatte Oktaëderflächen vor, so dass also die Beschaffenheit der Flächen nicht unbedingt als eine allgemeine Eigenschaft der Krystallreihe eines Minerals aufgefasst werden darf.

2. Reifung und Streifung.

Sind die Subindividuen zu zusammenhängenden Flächen in der Richtung bestimmter Kanten geeinigt, welche dann als Begrenzung der Flächen auftreten, und die Flächen schalenförmig so aufeinander oder aneinander gelagert, dass sie sich nicht vollständig bedecken, sondern von jeder Schale die betreffenden Kanten äusserlich zur Erscheinung kommen, so haben die Krystalle ein gereiftes Aussehen, wenn die Schalen verhältniss-

mässig dick sind (Fig. 209), ein gestreiftes, wenn sie dünner sind (Fig. 197). Beim Quarz (Fig. 209) kann man die Entstehung der Reifung sehr gut beobachten, auf das untere Individuum lagert sich eine Schale, so dass die obern Zuspitzungsflächen nicht ganz bedeckt werden, sondern mit den untern der Schale einspringende Winkel bilden, während die einander entsprechenden Prismenflächen des untern Individuums und der Schale in eine Ebene fallen. Durch Fortsetzung dieser Bildung entsteht zuletzt ein Hauptindividuum, auf dessen Prismenflächen die sichtbaren Theile der einzelnen Schalen wie Reifen erscheinen, welche durch Furchen von einander getrennt sind. Bei den Krystallen selbst ist die Reifung und Furchung nicht so regelmässig, wie es die Figur angiebt. Auf dieselbe Weise, wie hier Reifung und Furchung, entsteht, wenn die Schalen dünner sind, Streifung.

Sowohl Reifung, wie Streifung ist die Folge der Intermittenz von Flächen, welche die Schalen begrenzen, so bei Fig. 209 die Folge von Intermittenz der Rhomboëderflächen. Während hier gleichnamige Flächen in Intermittenz treten, kann in andern Fällen dies auch mit ungleichnamigen der Fall sein, z. B. beim Adular (Fig. 224) treten die Flächen der Basis und hintern Schiefendfläche in Intermittenz.

Von wesentlichem Einfluss auf das Aussehen des Hauptindividuums ist es, ob die in Intermittenz tretenden Flächen eine gleiche Entwickelung haben, oder ob die eine vorherrscht. Treten zwei Flächen vollkommen regelmässig in Intermittenz, so dass die gleichnamigen Flächen sämmtlicher Schalen eine gleiche Breite in Bezug auf die Richtung der Intermittenz haben, wie es bei Fig. 224 der Fall ist, so wird, in ähnlicher Weise wie bei der Drusigkeit durch die Ecken der Subindividuen, hier durch die Kanten der Schalen eine Scheinfläche zur Erscheinung kommen, welche einer Abstumpfungsfläche der intermittirenden Kanten entspricht; bei Fig. 209 ist diese Abstumpfungsfläche, die Prismenfläche, selbst schon entwickelt, während bei Fig. 224 dieselbe einer auf den Prismenflächen senkrechten Endfläche, das ist einer geraden Endfläche entspricht.

Derartige Scheinflächen können verschieden sein, jenachdem die eine oder andere der intermittirenden Flächen vor-

herrscht; beim Quarz (Fig. 210) kommen durch Intermittenz von Prismen- und Rhomboëderflächen spitze Rhomboëder als Scheinflächen vor, welche desto spitzer sind, je mehr die Prismenflächen gegen die Rhomboëderflächen vorwiegen. Herrschen die Prismenflächen sehr vor und erscheinen die Rhomboëderflächen nur als schmale Abstumpfungen, so tritt keine Scheinfläche deutlich hervor, sondern die Prismenflächen erscheinen nur horizontal gestreift, wie es beim Quarz sehr häufig der Fall ist, und woran man die Prismenflächen leicht erkennen kann.

Bei andern gestreiften Krystallflächen, z. B. den Hexaëderflächen des Flussspaths, rührt die Streifung von vicinalen Flächen her, es sind dann die Schalen Einigungen von Subindividuen niederer Stufe. So wurden bei Besprechung der Gestalt der Subindividuen niederer Stufe die Hauptzonen derselben aus den Richtungen der Streifung hergeleitet. Daraus ergiebt sich andererseits wieder, dass die Streifen in ihrer Anordnung mit der Symmetrie des Systems im innigsten Zusammenhange stehen, so dass man auf die Streifung bei den Krystallen besonders sein Augenmerk zu richten hat.

Wie die Drusigkeit zur Erkennung bestimmter Krystallflächen wesentlich beitragen kann, ist es auch mit der Streifung der Fall z. B. bei den Prismenflächen des Quarzes. Sie ist jedoch ebensowenig wie die Drusigkeit eine für bestimmte Flächen sämmtlicher Krystalle einer Krystallreihe durchgehend vorhandene Eigenschaft, wie unter andern die eingewachsenen weissen Quarzkrystalle von Brilon lehren, deren Prismenflächen nicht gestreift sind.

Was die Beschaffenheit der Streifung selbst anbetrifft, so bieten sich grosse Verschiedenheiten dar, in ähnlicher Weise wie bei der Drusigkeit; theils sind die Streifen ganz regelmässig über die betreffende Krystallfläche ausgebreitet, theils erleiden die einzelnen Streifen Unterbrechungen, hören plötzlich auf, fangen an einer andern Stelle wieder an und greifen dann vielfach ineinander, letzteres zeigen häufig die Prismenflächen des Quarzes (Fig. 214).

Die von Subindividuen niederer Stufe herrührenden Streifen sind meist etwas krummlinig, da sie von verschiedenen vicinalen Formen herrühren, welche sich wie End- und Zwischenformen verhalten. Auf den Hexaëderflächen des Flussspaths

aus Cumberland sind häufig Streifen, welche vicinalen Tetrakishexaëdern angehören; indem dann die Tetrakishexaëder mit ihrer Endform, dem Hexakisoktaëder, in Combination treten, erscheinen die Streifen nach den Ecken des Hexaëders hin gerundet. *)

Die Stärke der einzelnen Streifen auf einer Fläche kann sehr verschieden sein, einzelne können stärker, andere wieder schwächer sein; ferner erscheinen sie auch in verschiedenen Abständen, so dass sie an gewissen Stellen mehr gehäuft, an andern wieder spärlicher auftreten.

Bei hypoparalleler Einigung der Subindividuen sind die analogen Streifen nicht unter einander parallel, sondern divergiren mehr oder minder nach einer oder verschiedenen Seiten, wie es besonders bei grössern Subindividuen, hauptsächlich höherer Stufe, der Fall ist.

3. Krümmung.

Die Krümmung von Flächen ist häufig eine die Drusigkeit und Streifung begleitende und mit diesen im innigsten Zusammenhange stehende Erscheinung. Sie kann sowohl bei paralleler, wie bei hypoparalleler Einigung stattfinden.

a) Krümmungen bei paralleler Einigung.

Denkt man sich auf eine Krystallfläche eine Schale aufgelegt, welche nicht ganz bis an die Kanten heranreicht, auf diese wieder eine etwas kleinere Schale und so fort, so wird die betreffende Fläche nach den Kanten hin gewölbt erscheinen, was man sich leicht durch Aufeinanderlagerung von Papierblättern klar machen kann. Diese Krümmung kann sich auch auf die Kanten erstrecken, wenn sich die Schalen nach bestimmten Ecken hin verjüngen. Fig. 193 und 194 stellen Diamantkrystalle dar, welche in Folge des schaligen Aufbaus gekrümmte Hexakisoktaëder-Flächen und Kanten haben. Derartige Erscheinungen sind besonders häufig bei den Subindividuen niederer Stufe, welche durch den schaligen Bau eine beträchtliche Grösse erreichen können. Die Schalen sind hier äussert dünn und die durch Einigung derselben entstandenen grössern Subindividuen haben immer gewölbte Flächen und Kanten, wodurch die Messung der Kantenwinkel vermittelst des Reflexionsgoniometers auf

*) Scacchi, sulla poliëdria, a. a. O. S. 159.

grosse Schwierigkeiten stösst, indem auf jeder Fläche eine ganze Anzahl von Reflexen erscheint.

Beim Bleiglanz*) erhalten auf den tafelförmig ausgedehnten Oktaëderflächen die hexaëdrischen Subindividuen durch Schalenbildung die Gestalt von flachen abgerundeten Erhöhungen, deren Basis mehr oder minder deutlich eine gleichseitig dreiseitige Gestalt erkennen lässt (Fig. 183); beim Kupferkies runden sich die Subindividuen auf den Flächen des 1. Tetraëders nach den Endpunkten der Hauptaxe ab (Fig. 197), sind also im Allgemeinen gleichschenklig dreiseitig; beim Quarz**) sind es ähnliche Formen auf den Rhomboëderflächen (Fig. 214) u. s. w.

Die durch die Intermittenz von Flächen zur Erscheinung kommenden gestreiften Scheinflächen sind häufig gekrümmt, was besonders bei prismatisch ausgebildeten Krystallen in der Zone der Hauptaxe der Fall ist, z. B. beim Turmalin, Beryll etc.; die Krystalle können vollkommen cylindrisch werden. Wenn die Intermittenz der Flächen keine regelmässige ist, sondern mehr oder minder grossen Schwankungen unterworfen, so entstehen nach innen gehende Krümmungen, das heisst knieförmige Biegungen mit einspringenden Winkeln. Beim Quarz entstehen dieselben auf den Prismenflächen, wenn bei den Schalen abwechselnd die Prismenflächen und abwechselnd die Rhomboëderflächen vorwiegen; dasselbe ist bei den Hexaëderflächen des Eisenkieses der Fall.

Sind die Subindividuen zu scheinbar unregelmässig begrenzten Schalen geeinigt, welche sich mehr oder weniger bedecken, so entstehen wellenförmige Erhabenheiten und Zeichnungen, z. B. beim Eisenglanz vom Vesuv auf der geraden Endfläche (Fig. 202), bei den Bleiglanztafeln von Gonderbach (Fig. 183). Bei genauerer Untersuchung lassen die Schalen immer die Einigung aus Subindividuen erkennen, sind also, wenn auch im Allgemeinen unregelmässig, so doch im Einzelnen regelmässig begrenzt.

Geht die Auflagerung der Schalen nach Ecken hin vor sich, so erscheinen dieselben kuppelförmig gewölbt, wie es bei mancher Blende mit den Ecken des 1. Dodekaëders der Fall

---

*) A. Sadebeck a. a. O. S. 43.

**) Fr. Scharff, Abh. d. Senckenb. Naturf. Ges. in Frankfurt a. M. Bd. VIII.

ist, welche durch Auflagerung des Triakistetraëders $^{1}/_{30}$ abgerundet erscheinen (Fig. 192). Besonders schön ist diese Erscheinung beim Eisenglanz von Elba (El. I, Fig. 136), wo an den Endpunkten der Hauptaxe eine schalige Ueberlagerung von Flächen stumpfer Rhomboëder stattfindet, so dass eine kuppelförmige Endigung entsteht.

Gewisse Eckeneinigungen beim Quarz, wie sie bei Krystallen von der Form (Fig. 211)*) auftreten, sind zum Theil schon hypoparallel; die Einigung findet hier an den Endpunkten der 2. Nebenaxen statt, wobei die Flächen λ und $\mathfrak{x}$ sich zum Hypoparallelismus hinneigen. Auch an den Endpunkten der Hauptaxen kommen konische Anlagerungen vor, es entstehen vollkommene Kegelbildungen**) durch die Flächen $\mathfrak{x}=(2a:a:2a:c)$, welche in beiden Stellungen auftreten, also das 1. stumpfere Hexagondodekaëder der gewöhnlichen Zuspitzung des Quarzes darstellen, zu denen noch vicinale Trapezoëderflächen hinzutreten.

Eine andere Art der Einigung der Subindividuen, durch welche Krümmung der Flächen entsteht, ist die schuppenartige, die zu der Drusigkeit der Flächen in nächster Beziehung steht; die Subindividuen sind nur zu kleinern Schalen oder warzenartigen Hervorragungen geeinigt, welche schuppen- oder dachziegelartig übereinandergreifen, wobei die Anlagerung meist vom Mittelpunkt der Flächen ausgeht, so dass dieselben wie bei der parallelen rein schaligen Auflagerung nach aussen gewölbt sind.

Fig. 220 stellt im Querschnitt diese Art der Einigung auf einer Fläche des 1. spitzern Rhomboëders des Kalkspaths als Begrenzung des 1. Prismas dar. Die Rhomboëderfläche oben erscheint hier durch diese Einigung der Subindividuen weniger steil, als sie es in der That ist, ist also im Grunde genommen eine Scheinfläche. Die untere Fläche ist mannigfaltig gekrümmt in Folge der unregelmässigen schuppenartigen Ueberlagerung der Subindividuen. Im Allgemeinen sind die durch schuppenartige Einigung der Subindividuen entstehenden Krümmungen der Flächen und Kanten dieselben, wie bei der rein schaligen.

---

*) G. vom Rath, Poggend. Ann. Jubelband S. 1.
**) Fr. Scharff, Neues Jahrb. f. Mineral. etc. 1868, S. 822.

So entstehen beim Gyps an den Endpunkten der Hauptaxe durch schuppenartige Anordnung der Subindividuen, welche wohl auch schon zum Theil hypoparallel gestellt sind, gewölbte Flächen und wenn diese so vorherrschen, dass die seitliche Begrenzung verschwindet, linsenförmige Gestalten. Beim Kalkspath (Fig. 204) erscheint die gerade Endfläche gewölbt. Andererseits kann die Schuppenbildung auch sehr zurücktreten, was besonders dann der Fall ist, wenn sie bei Subindividuen niederer Stufe stattfindet, es erscheinen dann auf den Krystallflächen, welche bei oberflächlicher Betrachtung vollkommen eben zu sein scheinen, flache gekrümmte Hervorragungen, wobei die Subindividuen zu grössern oder kleinern geeinigt sind; dies zeigt schön die Fig. 190 gezeichnete Dodekaëderfläche des Granats, der Vesuvian (Fig. 198) etc. Die Wölbung der Flächen tritt hier sehr zurück, indem die einzelnen Subindividuen ineinandergreifen. Dieser Art sind die meisten Krystallflächen, welche man als eben bezeichnet, erst bei genauerer Betrachtung erkennt man die Krümmungen und Wölbungen, welche aus der Einigung von Subindividuen entstanden sind. In derselben Weise wie bei der Streifung und Drusigkeit kann die schuppenartige Anordnung der Subindividuen auf verschiedenen Theilen einer und derselben Fläche verschieden sein.

b) Krümmungen bei hypoparalleler Einigung.

Die Art und Weise, wie durch Hypoparallelismus Krümmungen von Flächen und Kanten entstehen können, bedarf keiner weitern Erläuterung. Schon bei der Drusigkeit wurde hervorgehoben, dass durch hypoparallele Anordnung der Subindividuen die Flächen nach dem Mittelpunkt hin häufig vertieft, nach aussen aufgeblättert erscheinen, Eisenglanz (Fig. 219). Die nach der Endfläche tafelförmigen Schwerspathkrystalle, z. B. von Freiberg, sind häufig nur nach einer Richtung hin partiell hypoparallel geeinigt, wodurch hahnenkammartige Gestalten entstehen. Aehnliche Erscheinungen kommen auch bei prismatischen Krystallen vor, oder überhaupt solchen, welche nach einer Längsrichtung vorwiegend ausgebildet sind, z. B. Desmin. Da hier die Aufblätterung der Längsflächen nach den beiden Endpunkten der Hauptaxe hin stattfindet, so entstehen Gestalten, welche in der Mitte gewissermassen wie Garben zusammengeschnürt erscheinen, weshalb man sie garbenförmig nennt; derartige Grup-

pen zeigen auch spitze Rhomboëder des Braunspaths. Findet eine solche Einigung nur nach einer Seite hin statt, so entstehen büschelförmige Gestalten.

Grössere Krümmungen sind die Folge von totalem Hypoparallelismus, wobei auch einzelne Flächen nach gewissen Richtungen erhöht, nach andern vertieft sind, z. B. der gedrehte Quarz (Fig. 215, S. 188).

Beim Braunspath und Eisenspath entstehen auf diese Weise eigenthümliche sattelförmige Gestalten (Fig. 218).

Bei den meisten dieser durch hypoparallele Einigung entstandenen Krümmungen sind die Subindividuen solche höherer Stufe und bewahren, wie bei den regelmässigen Verwachsungen eine gewisse Selbstständigkeit, weshalb man sie auch hypoparallele Gruppirungen nennen könnte.

4. Regelmässige Eindrücke.*)

Die natürlichen regelmässigen Eindrücke auf den Krystallflächen sind, soweit sie nicht von fremdartigen Beimengungen herrühren, die Folge des schaligen Aufbaues. Indem die einzelnen Schalen sich schuppenartig bedecken und dann gewissermassen ineinander geschoben sind, bleiben mehr oder minder grosse Stellen frei, welche dann Vertiefungen darstellen, die von den die Schalen begrenzenden Flächen gebildet werden. Es sind im Wesentlichen zweierlei, solche von Subindividuen höherer oder niederer Stufe gebildete.

Diejenigen regelmässigen Eindrücke, welche von Subindividuen höherer Stufe herrühren, die in der Gestalt mit dem Hauptindividuum übereinstimmen, müssen die umgekehrte Begrenzung haben, wie die Flächen, auf welchen sie auftreten. Fig. 214 zeigt auf einer Rhomboëderfläche des Quarzes gleichschenklige Dreiecke, deren Spitzen entgegengesetzt liegen, wie die Spitze des Dreieckes, welches die Fläche darstellt; bei Fig. 188 hat der Eindruck, ein Pentagon, die unsymmetrische Ecke nach der Seite liegen, wo die Fläche die unsymmetrische Seite hat. Nur auf solchen Flächen, deren jede Seite ihre parallele hat, müssen die Eindrücke dieselbe Lage

*) Die Eindrücke und Vertiefungen auf den Flächen sind bei den Figuren durch feine Streifung dunkel gehalten; bei den Erhöhungen dagegen sind nur dann Streifen vorhanden, wenn sie eine charakteristische Eigenschaft derselben sind.

der Begrenzung haben, wie die Fläche selbst, z. B. auf quadratischen, rhombischen und hexagonalen Flächen, wenn die Seiten derselben lauter gleiche Kanten sind; gehören die Seiten verschiedenen Kanten an, so wird der Eindruck auch diese Verschiedenheit erkennen lassen, indem dann häufig nur nach den einen Kanten innere Flächen vorhanden sind. Ein Beispiel ist hier die gerade Endfläche an einem Rhomboëder des Kalkspaths, welche eine hexagonale Gestalt haben kann, die Eindrücke auf derselben sind jedoch meist Dreiecke (Fig. 205), da sie nur von den nach dem einen Endpunkt der Axe laufenden Flächen herrühren, nicht von den nach dem andern Endpunkte gerichteten.

Die von Subindividuen niederer Stufe herrührenden Eindrücke haben häufig eine andere Begrenzung, als die Fläche, auf welcher sie erscheinen, und da sie im Innern meist aufeinander liegende Schalen erkennen lassen, wie die Eindrücke auf der Oktaëderfläche des Diamants (Fig. 184 und 185), so sind sie im Allgemeinen etwas gekrümmt und weniger scharf begrenzt, als die von Subindividuen höherer Stufe hervorgerufenen. Hierher gehören bei weitem die meisten Aetzeindrücke. Alle diese Eindrücke sind unregelmässig über die Flächen ausgebreitet, oder es treten wie bei der Drusigkeit, gewisse Richtungen hervor, in denen sie zu Reihen angeordnet sind. Auf Hexaëderflächen des Flussspaths aus der Schweiz gehen die von vicinalen Tetrakishexaëdern gebildeten Reihen parallel den Hexaëderkanten; beim Quarz verlaufen die Reihen der Aetzeindrücke auf der angeschliffenen Endfläche *) parallel den Nebenaxen, ebenso beim Kalkspath. Fig. 184a stellt eine eigenthümliche Anreihung von Vertiefungen auf einer Oktaëderfläche des Diamants **) dar, wobei 2 Richtungen erkennbar sind, die 2 Seiten des gleichseitigen Dreieckes parallel laufen, eine, welche der Höhenlinie entspricht, und eine weniger bestimmte Richtung. Die Figur zeigt, wie durch wechselnde Reihungen unregelmässig wurmförmige Vertiefungen auf den Flächen auftreten können, die sich bei genauerer Betrachtung als aus lauter gleichseitigen Dreiecken gebildet erweisen.

---

*) Leydolt a. a. O. S. 171.

**) Poggend. Ann. B. 148, S. 497.

Im Innern lassen zuweilen auch die Subindividuen höherer Stufe aufeinanderliegende Schalen erkennen, in der Art, dass die Schalen nach aussen kleiner werden, wie es der als Hüttenproduct vorkommende Bleiglanz (Fig. 181) zeigt; in Folge dessen erscheinen treppenartige Vertiefungen, welche von den Kanten nach dem Mittelpunkt der Hexaëderflächen verlaufen.

Fig. 181 zeigt diese Treppenbildungen am regelmässigsten auf der grossen vordern Fläche; auf der rechten Fläche verläuft die Schalenbildung nicht gleichmässig nach allen Kanten, sondern der Reihe nach vorwiegend nach den benachbarten Kanten, so dass die die Treppen bildenden Kanten den Verlauf einer in sich zurückkehrenden mäandrischen Linie haben. Diese Treppen selbst lassen wieder noch kleinere Treppen erkennen. Ganz ähnliche Bildungen kommen beim Steinsalz *) und andern Mineralien vor und da in Folge der Treppenbildung die Flächen nur undeutlich zur Erscheinung kommen und die Krystalle vornehmlich die Kanten entwickelt haben, so nennt man derartige Gebilde auch Krystallskelette.

Bei Fig. 179 und 178 findet die Treppenbildung nicht nach allen Kanten gleichmässig statt, sondern nur an den obern, eine Folge davon, dass die Bildung vorzugsweise in der Richtung der in den Figuren vertical gestellten Axen vor sich gegangen ist. Sehr grosse Aehnlichkeit mit den Hexaëdern des Bleiglanzes (Fig. 181) haben die dem Hexaëder nahe stehenden Rhomboëder des Wismuths, welche man durch Erstarrung aus feurigem Fluss leicht erhält.

Oktaëdrische Skelettbildungen sind im regulären System sehr häufig, künstliche arsenige Säure, Gold, Alaun etc.

Im rhombischen System zeigt sie zuweilen die Grundform des Schwefels und zwar des an den Wänden von Krateren durch Sublimation gebildeten, z. B. von Honolulu. Die Krystalle des Eisenolivins **) der Hochofenschlacken sind meist skelettartige Oblongoktaëder, deren Flächen dem verticalen Hauptprisma und dem Längsprisma ($\infty a : {}^1/_2 b : c$) angehören, wozu dann noch die Längsfläche häufig hinzutritt. Die Schalen der

*) Hausmann, Untersuchungen über die Formen der leblosen Natur, Göttingen 1821, S. 634.

**) Fuchs, die künstlich dargestellten Mineralien, Haarlem 1872, S. 125.

Skelettbildungen können auch Einigungen von Subindividuen sein, welche nach innen zur Erscheinung kommen, wodurch die Schalen nicht von geradlinig verlaufenden Kanten begrenzt, sondern mit sägenförmigen Fortsätzen versehen sind, wie es Fig. 214 des Quarzes zeigt; dies ist häufig beim Quarz von Schemnitz in Ungarn der Fall, ferner bei wasserhellen Krystallen aus Mexiko etc. Wie bei den Schalen, welche allerhand Zeichnungen auf den Oberflächen hervorrufen, die Begrenzung in den einzelnen Theilen eine regelmässige ist, so ist es auch hier der Fall.

Bei den selbst gezogenen Krystallen, z. B. Oktaëdern des Alauns findet man häufig bei den auf dem Boden aufliegenden Flächen sehr deutliche skelettartige Treppenbildung, was bei den andern Flächen nicht der Fall ist; beim Kupfervitriol (Fig. 227) auf einer Fläche *g* etc. Diese Erscheinung erklärt sich in folgender Weise. *)

Ein regelmässig ausgebildetes Alaunoktaëder, auf den Boden eines mit Alaunlösung gefüllten Gefässes mit einer Fläche aufgelegt, wird in Folge des fortschreitenden Aufbaues an den seitlichen und der obern Oktaëderfläche eine pseudorhomboëdrische Symmetrie erhalten, da zu den frei in der Lösung befindlichen Flächen die Subindividuen ungehindert herantreten können, während die aufliegende Fläche nur ihre Kanten als Ansatzstelle bietet. An diesen Kanten findet nun eine Anhäufung von Subindividuen statt, so dass dieselben als Leisten hervortreten. Der Krystall muss dabei etwas gehoben werden. Bei weiterer Bildung entstehen immer wieder neue Leisten, so dass durch dieselben eine trichterartige Vertiefung erzeugt wird, als deren Basis innen eine glatte Oktaëderfläche erscheint.

Die Treppenbildung ist eine mehr oder minder regelmässige, es wechseln breitere Stufen mit schmalern unregelmässig ab, wobei auch der Fall eintreten kann, dass eine mehr nach aussen liegende Schale nicht kleiner ist, als die innere, auf welcher sie aufliegt, sondern grösser, das heisst dem Mittelpunkt mehr genähert, so dass sich die trichterförmige Vertiefung seitlich unter diese Schale fortsetzt. Durch derartige Erscheinungen schwindet

*) F. Klocke, Neues Jahrb. für Mineral. etc. 1871, S. 578.

allmählig die Regelmässigkeit der treppenartigen Trichterbildungen und die Flächen zeigen scheinbar unregelmässige, sich nach innen weit fortsetzende Vertiefungen, welche man beim Quarz von Schemnitz sowohl auf Prismen- wie Rhomboëderflächen beobachten kann.

Auch bei Einigung grösserer Subindividuen, welche für sich Hauptindividuen darstellen, kommen Skelettbildungen, besonders bei prismatischer Entwickelung vor.

Denkt man sich an einen Quarzkrystall von aussen andere mit grösserer Hauptaxe angelegt, deren Rhomboëderflächen nach aussen mehr entwickelt sind, als nach innen, an diese wieder grössere und so fort, so entsteht ein Skelett, welches in der Richtung der Hauptaxe eine mehr oder minder tiefgehende Vertiefung zeigt. Derartige Einigungen kann man mit Hypoparallelismus sehr häufig beim Pyromorphit z. B. von der Grube Friedrichssegen bei Lahnstein beobachten. Man trifft Gruppen, welche im Centrum vollkommen hohl sind, indem die Anordnung der Subindividuen eine kreisförmige ist. Der Hypoparallelismus erzeugt dabei die verschiedenartigsten Gruppen, die sich wegen ihrer Mannigfaltigkeit der speziellen Beschreibung entziehen, aber nach dem Gesagten keinerlei Schwierigkeiten in der Deutung hervorrufen können. Schliesslich ist auch der Fall möglich, dass die Vertiefungen im Grossen unregelmässig verlaufen und dem Raume nach den Krystallflächen gleich sind, oder vielfach auch überwiegen, so dass die Krystallflächen nur undeutlich und mit vielfachen Unterbrechungen zur Erscheinung kommen, weshalb man sie dann zerfressene nennt.

Der entgegengesetzte Fall ist der, dass die Schalen vom Innern der Flächen ausgehend die Kanten freilassen, wodurch dieselben eingekerbt erscheinen, in ähnlicher Weise, wie es die Diamantzwillinge (Fig. 64) zeigen. Dies kommt z. B. bei dem würfelähnlichen Rhomboëder des Kalkspaths von Andreasberg vor.

5. Vollkommene Krystallflächen.

Die vollkommenen Krystallflächen sollen keinerlei Erhabenheiten, Eindrücke oder Zeichnungen überhaupt erkennen lassen, also glatt und eben sein. Die meisten als vollkommen bezeichneten Krystallflächen sind es jedoch im Grunde genommen nicht,

da sie bei Messungen mit dem Goniometer häufig verschiedene Reflexe zeigen, eine Folge der auf der Fläche hervortretenden Subindividuen. Die vollkommensten Flächen gehören stets kleinern Krystallen an, welche sich auch deshalb besonders zu goniometrischen Messungen eignen, während die grössern Krystalle nur in seltenen Fällen vollkommene Flächen haben.

Die an einem Krystall auftretenden Flächen verschiedener Formen sind verschieden vollkommen, manche sind glatt und eben und geben einen einzigen scharfen Reflex, andere dagegen sind drusig, gestreift etc. Dies ist die Folge der Art und Weise der Tektonik der Krystalle und gewährt auch wichtige praktische Hülfsmittel, die Flächen zu erkennen und zu unterscheiden, so ist beim Quarz die Trapezfläche *x* meist glatt und glänzend, während *u* matt ist.

Jedoch muss man sich hier wie bei der Drusigkeit und Streifung der Flächen hüten, der Oberflächenbeschaffenheit eine unbedingte allgemeine Bedeutung zu geben.

C. Einigung der Subindividuen zu Hauptindividuen.

Die Einigung der Subindividuen zu einem Hauptindividuum ist theils eine von wesentlichen Unterbrechungen und Störungen freie, theils eine unterbrochene und theils eine gestörte.

1. Freie Einigung der Subindividuen.

Die Art und Weise der Bildung von Hauptindividuen, das heisst kurzweg von Krystallen, kann man theils an den unvollkommenen, gewissermassen nicht fertigen Einigungen der Subindividuen erkennen, theils durch direkte Beobachtungen an leicht krystallisirenden Substanzen.

Die erste Einigung der Subindividuen findet in den tektonischen Axen statt, wie es bei den regelmässigen Verwachsungen, besonders bei mikroskopischen, der Fall ist, welche kein Hauptindividuum deutlich erkennen lassen. Ein solches kommt zunächst dadurch zur Erscheinung, dass sich die Zwischenräume zwischen den besonders hervortretenden Hauptreihen durch Nebenreihen mehr und mehr ausfüllen und so Flächen entstehen, in denen die tektonischen Axen liegen; weshalb man dieselben auch tektonische Axenebenen nennen kann. Bei den sogenannten gestrickten Verwachsungen sind die Hauptaxen die tektonischen Axen und die tektonischen Axenebenen stellen drei aufeinander senkrechte Ebenen dar. Jede der tek-

tonischen Axenebenen ist durch eine Anzahl paralleler Ebenen vertreten, welche eine grössere oder geringere Ausdehnung haben. Dadurch nun, dass eine dieser parallelen Ebenen in jeder der dreierlei Ebenen der tektonischen Axen besonders vorherrscht, so dass die andern gegenüber diesen Hauptebenen nur die Rolle von Nebenebenen spielen, gewinnt die ganze Gruppirung da, wo sich diese Hauptebenen schneiden, ein Centrum, welches bei den mikroskopischen Gebilden der Schlacken (S. 192) in Form eines Sternes hervortritt. Die Hauptebenen selbst erhalten durch Anordnung der Subindividuen in den Nebenreihen entsprechend der Symmetrie des Systems nach aussen einen Abschluss in Kanten, den tektonischen Kanten, welche bei unvollkommener Einigung einen krummlinigen Verlauf haben, besonders bei den mikroskopischen Gebilden, die dann häufig eigenthümliche, z. B. Farrenkrautblatt-ähnliche Gestalten *) zeigen. Auf diese Weise entstehen die Krystallskelette z. B. des gd. Eisens; die tektonischen Kanten sind hier Oktaëderkanten.

Die Weiterbildung geht nun in der Weise vor sich, dass sich die Zwischenräume zwischen den tektonischen Kanten durch Bildung von tektonischen Flächen, welche sich schalenartig über einander legen, ausfüllen. Im vorliegenden Falle entsteht auf diese Weise ein reguläres Oktaëder. Das Beispiel zeigt zugleich, wie die Skelettbildungen gewissermassen eine Mittelstufe zwischen regelmässigen Verwachsungen und geschlossenen Individuen darstellen. Die Fortbildung der Skelette kann man sehr schön beim Alaun beobachten. Die aus einer Alaunlösung sich bildenden Krystalle liegen meist mit einer Oktaëderfläche auf, welche, wie schon oben gesagt wurde, immer trichterförmige Treppenbildung (vgl. S. 205) zeigt. Die tektonische Fläche ist also hier eine Oktaëderfläche und die tektonischen Kanten bilden ein reguläres Sechseck, in dessen Endpunkten 3 prismatische Axen liegen. Bei der schon oben (S. 193) geschilderten unter dem Mikroskop beobachteten Krystallisation des Schwefels kann man Oktaëderskelette entstehen sehen.

---

*) Vgl. Vogelsang, a. a. O. S. 192, Taf. VII.

Im Allgemeinen ist die Skelettbildung eine Folge von Ueberfluss an Masse weshalb sie auch bei concentrirten Lösungen stattfindet. In weniger concentrirten Lösungen wird eine skelettartige Bildung zunächst in der Weise vergrössert werden, dass sich die Vertiefungen ausfüllen, das heisst, dass die tektonischen Flächen vollständiger hergestellt werden, so dass ein den Raum vollständig umschliessendes Hauptindividuum entsteht.

Die Hauptebenen der tektonischen Axen kommen bei den Krystallskeletten, sowie bei vollkommen ausgebildeten Krystallen mitunter direct zur Erscheinung, indem in ihnen die Subindividuen am innigsten untereinander geeinigt sind. Diese innige Einigung thut sich darin kund, dass eine homogene und deshalb klare und durchsichtige Masse die Axenebenen darstellt gegenüber der übrigen weniger homogenen und deshalb trüben Krystallmasse.

Dies zeigen schön gewisse Alaunkrystalle, welche eine hemimorphe Ausbildung haben, indem die Oktaëderflächen eine vierseitige Pyramide darstellen, deren Basis eine unvollkommen ausgebildete Fläche des Hexaëders bildet. Auf dieser Fläche erscheint in der Richtung der Diagonalen homogene Krystallmasse, während dazwischen die Masse deutlich aufeinander liegende Schalen zeigt und in Folge dessen milchig ist. Besonders bei durchfallendem Licht treten die beiden Ebenen, welche die Diagonalen der Hexaëderfläche mit der verticalen Axe bilden, sich kreuzförmig durchschneidend deutlich hervor.

Gypskrystalle der gewöhnlichen Form (Fig. 226) von Suez lassen einen klaren Kern im Innern erkennen, welcher in seiner Begrenzung der äussern Begrenzung der Krystalle entspricht. Von diesem Kern gehen klare Streifen nach den Ecken, während die Hauptmasse der Krystalle durch Einschlüsse braun gefärbt ist.

Ganz ähnliche Erscheinungen kommen bei den oktaëdrischen und sechsseitigen mikroskopischen Bildungen vor.

Die Auflagerung der Schalen in den tektonischen Flächen erfolgt zum Theil in der Art, dass sich auf den Flächen die Subindividuen zu Balken einigen, welche häufig den Verlauf parallel den tektonischen Kanten erkennen lassen,

z. B. (Fig. 183) Bleiglanz *), bei welchem die tektonischen Kanten die Endpunkte dreier in einer Ebene liegender prismatischer Axen verbinden. Diese Balken bilden dann die Stützen für die darauf liegenden Schalen, wie es das Innere einer Bleiglanztafel von Gonderbach (Fig. 180) zeigt, ferner das Innere eines pseudoquadratischen Krystalls von ebendaher (Fig. 182) Hier liegen zahlreiche oktaëdrische Schalen übereinander, bei welchen besonders ein in der Richtung der Hauptaxe gelegenes centrales Balkensystem hervortritt, welches sich wie eine Wirbelsäule durch den Krystall hindurchzieht.

Ganz ähnliche Aufeinanderlagerungen von durch Balken gestützten Schalen zeigen die schon oben beschriebenen Alaunkrystalle.

Bei sehr rascher Einigung von Subindividuen niederer Stufe tritt dann häufig der Fall ein, dass die Subindividuen höherer Stufe nicht deutlich zur Erscheinuug kommen, sondern die niederer Stufe zu Knoten und Wülsten geeinigt sind, welche die gewissermassen angestrebte Gestalt der Subindividuen höherer Stufe nur im Allgemeinen erkennen lassen. Derartige Knoten und Wülste zeigen die Schalen bei Fig. 182. Diese Figur stellt eine rasche continuirliche Bildung dar; war dagegen die Bildung eine rasche discontinuirliche, das heisst, war zeitweise viel, zeitweise weniger Masse vorhanden, welche das Material für die Subindividuen lieferte, so kommt die Balkenbildung weniger deutlich zur Erscheinung, die Schalen bedecken sich weniger regelmässig, die einzelnen Schalen nur zum Theil und zwar verschiedenartig, es entstehen dann Formen mit zerfressenen Flächen, welche man deshalb auch z e r f r e s s e n e K r y s t a l l e nennt. Derartige Bildungen kann man häufig beim Quarz beobachten (vgl. S. 206) und es tritt dabei zuweilen die Gestalt des Krystalls ganz in den Hintergrund.

Es ist jedoch wohl bemerkenswerth, dass nicht alle unregelmässigen Raumerfüllungen bei den Krystallen in der Tektonik beruhen, viele sind, wie noch erläutert werden soll, die Folge der Beeinflussung fremder Substanzen.

Bei ruhigerer Bildung, das heisst bei weniger reichlicher

---

*) A. Sadebeck, Bleiglanz a. a. O. S. 43.

und weniger concentrirter Krystallisationssubstanz, treten unvollkommene Raumerfüllungen zurück, die Auflagerung der Subindividuen geschieht in Schalen vorzugsweise auf den tektonischen Flächen, und Unvollkommenheiten der Schalen zeigen sich in Form von regelmässigen Erhöhungen und Vertiefungen, bei denen die Balkenbildung nicht oder nur undeutlich hervortritt, dagegen eine Einigung der Subindividuen zu Häufchen vielfach zur Erscheinung kommt (Fig. 183, Bleiglanz)*). Mit der ruhigen Bildung ist auch das Auftreten anderer, als der tektonischen Flächen verbunden, während bei den beschleunigten Bildungen die tektonischen Flächen ausschliesslich oder doch wenigstens ausserordentlich vorwiegend entwickelt sind. Die Einigung der Subindividuen ist dann bei ruhiger Bildung mitunter eine so vollkommene, dass diese erst durch Aetzung zur Erscheinung kommen. Die Aetzung giebt nun zugleich ein Mittel an die Hand bei vollkommenen Krystallen die tektonischen Flächen zu erkennen, indem auf denselben die deutlichsten Aetzfiguren auftreten. Beim Alaun erhält man deutliche Aetzfiguren auf den Oktaëderflächen, weniger deutliche auf den Hexaëder- und Dodekaëderflächen, weitere Beispiele wurden schon gelegentlich bei Besprechung der Gestalt der Subindividuen hervorgehoben.

Bei vollkommen regelmässiger Bildung müsste die Tektonik nach allen gleichnamigen Flächen in gleicher Weise stattfinden, da aber an verschiedenen Stellen eines in der Fortbildung begriffenen Krystalls die Mutterlauge gewisse Verschiedenheiten haben kann und besonders die Stellung des Krystalls in derselben verschieden sein kann, so wird die Tektonik nach gewissen Flächen leicht das Uebergewicht gewinnen, nach andern dagegen mehr zurückbleiben. Ein auf einer Oktaëderfläche aufliegender Alaunkrystall wird rhomboëdrische Symmetrie erhalten. Auf diese Weise erklären sich verschiedene Ausbildungsformen der Krystalle aus der Tektonik.

Schon oben S. 179 wurde hervorgehoben, dass auch die Zwillingsbildung mit der Tektonik aufs innigste zusammenhängt und dass das Verhalten der Subindividuen an der Zusammensetzungsfläche ein verschiedenes ist, je nachdem dieselbe mit der

*) A. Sadebeck, a. a. O. S. 43.

Zwillingsebene zusammenfällt oder auf dieser senkrecht steht. Im erstern Falle ist dieselbe eine tektonische Fläche, so beim Aragonit eine Prismenfläche. Die Art und Weise der Bildung, wenn die Zusammensetzungsfläche auf der Zwillingsebene senkrecht steht, kann Fig. 111 anschaulich machen, von den Individuen I und II steht ein ausgezogener und ein gestrichelter Theil in Zwillingsstellung, zwei Prismenflächen bilden einen einspringenden Winkel, in welchem von beiden Individuen die Anlagerung der Subindividuen stattfindet, bis er schliesslich ganz ausgefüllt ist und die der Zwillingsebene parallelen Prismenflächen in eine Ebene fallen. Die Subindividuen beider Individuen liegen dann mit Ecken neben einander, und müssen, um sich mit Flächen zu berühren, ineinandergreifen, wodurch kammförmige Zusammensetzungszonen entstehen.

Auch bei den Zwillingen des Quarzes*) ist die gegenseitige Begrenzung der Subindividuen verschieden. Subindividuen, welche sich gegen einander in verschiedener Stellung befinden, haben eine entgegengesetzte Lage der Flächen und greifen daher unregelmässig ineinander, solche dagegen, welche eine gleiche Stellung haben, berühren sich mit regelmässigen Zusammensetzungsflächen. Bei Figur 212 werden also die Subindividuen τr und $\tau' r$ unregelmässige, τr und τl dagegen regelmässige Zusammensetzungsflächen haben. Die erstern entsprechen in der Stellung einem rechten Zwilling nach dem gewöhnlichen Gesetz, die letztern stellen keine wirklichen Zwillinge dar, wie schon oben (S. 103) bemerkt wurde; Leydolt hat sie deshalb Zerlegungszwillinge genannt.

In derselben Weise wie der Aufbau der Hauptindividuen erfolgt der der Subindividuen höherer Stufe. Die Entstehung dieser Subindividuen erklärt sich auf die Weise, dass bei der Fortbildung eines Hauptindividuums dasselbe nicht gleichmässig auf die neu hinzutretenden Molecüle einwirkt, sondern dass verschiedene Bildungscentren in Wirksamkeit treten. So kann man bei manchen Quarzkrystallen, besonders bei grössern, kleinere Krystalle auf den Flächen aufgelagert sehen, welche in verschiedener Entfernung von einander stehen. Durch Weiterbildung nähern sich diese Subindividuen höherer Stufe na-

---

*) Leydolt, a. a. O. S. 171.

türlich einander mehr und mehr und bilden schliesslich mehr oder weniger zusammenhängende Schalen, in ähnlicher Weise wie es bei den Subindividuen niederer Stufe der Fall ist. Die geeinigten Subindividuen höherer Stufe bilden dann eine vollkommen zusammenhängende Masse, aus welcher nur einzelne Theile herausragen, wodurch Drusigkeit, Streifung oder Krümmung der Flächen entsteht, wie schon oben gezeigt wurde. Aus einer weniger starken Anziehung des Hauptindividuums auf die Molecüle erklärt sich dann die hypoparallele Stellung der Subindividuen.

Andere Einigungen von Subindividuen höherer Stufe erklären sich auf die Weise, dass sich an ein Individuum mehrere gleicher Stufe parallel oder hypoparallel anlegten, durch deren Einigung ein Hauptindividuum mehr oder minder deutlich zur Erscheinung kam, z. B. beim Desmin Fig. 222, Eisenglanz Fig. 219 etc.; besonders die gedrehten Quarze (Fig. 215) zeigen sehr verschiedene Grade der Einigung von Subindividuen. Die Stellen, an denen die Einigung stattgefunden hat, lassen sich jedoch nicht durch die innere Struktur der Krystalle erkennen, sondern nur an den äusserlich hervorragenden Ecken der Subindividuen. Bei spaltbaren Mineralien, z. B. Bleiglanz, Braunspath sind auf den Spaltungsflächen keine bestimmten Grenzen zu erkennen, dieselben erscheinen nur, wenn eine hypoparallele Einigung von Subindividuen vorliegt, gekrümmt *).

Diese Einigung der Subindividuen höherer Stufe ging nicht immer an allen Stellen gleichmässig vor sich, sondern ist an einigen, z. B. an dem einen Ende einer Axe eine sehr vollkommene, an dem andern dagegen unvollkommener. Derartige Hauptindividuen z. B. des Quarzes lassen dann an dem einen Ende die Subindividuen höherer Stufe deutlich hervortreten, welche auch vielfach eine verschiedene Grösse haben, während an dem andern Ende die Subindividuen höherer Stufe nicht mehr zur Erscheinung kommen.

Die innere Homogenität der Krystallmasse bei einem aus Subindividuen höherer Stufe geeinigten Hauptindividuum bildet

---

*) A. Sadebeck, Bleiglanz a. a. O. S. 43.

ein wichtiges Unterscheidungsmerkmal von den Aggregationen*), bei denen die einzelnen Individuen mehr oder weniger regelmässig nebeneinander liegen, ohne ineinander gewissermassen zu verschmelzen.

2. Unterbrochene Einigung der Subindividuen.

Die unterbrochene Einigung der Subindividuen zeigt sich darin, dass die Krystalle nicht ihrer ganzen Masse nach gleichartig und homogen sind, sondern Hohlräume, Einschlüsse oder Absätze in der Bildung erkennen lassen.

A. Hohlräume und Begrenzung der Einschlüsse.

Wird die Fortbildung eines Krystallskelettes oder zerfressenen Krystalls oder eines mit Vertiefungen auf den Flächen versehenen Krystalls unterbrochen und dann wieder mit reichlicher Masse aufgenommen, so werden die vorhandenen Vertiefungen nicht immer vollkommen ausgefüllt, die Schalen dehnen sich über dieselben aus und so entstehen Hohlräume. Derartige Hohlräume werden eine mehr oder weniger regelmässige Gestalt haben, je nachdem die Subindividuen an ihren Wandungen zu ebenen oder mehr unregelmässig verlaufenden Flächen geeinigt sind. Manche Hohlräume entsprechen in der Form dem Hauptindividuum, z. B. beim Quarz von Schemnitz**), bei brasilianischen Topasgeröllen, bei denen dann die Hohlräume die Stellung des Gerölles ermöglichen; beim Eis kommen regelmässig hexagonal prismatische, auch mehr tonnen- und cylinderähnliche Hohlräume vor.

Scheinbar unregelmässige Hohlräume erweisen sich häufig als in den einzelnen Theilen regelmässige, wie schon oben bei den Vertiefungen auseinandergesetzt wurde, z. B. bei Krystallskeletten des Quarzes von Schemnitz etc.

---

*) Die im Mineralreiche so häufig vorkommenden Aggregationen von langgestreckten Krystallen zu stengligen und fasrigen Massen, mit kugliger oder nierenförmiger Oberfläche (Chalcedon, Malachit etc.), zu Stalaktiten etc., sowie die kugligen Gruppirungen z. B. von Eisenkies, Kupferlasur und die mannigfaltigen Aggregationen mikroskopischer Krystalle, Mikrolithen und Krystalliten gehören nicht in den Bereich der angewandten Krystallographie, da denselben keine krystallographischen Gesetze zu Grunde liegen.

**) Leydolt, Sitzungsber. d. K. K. Akad. der Wissensch. in Wien 1851, Oktober.

Ausserdem kommen auch wirklich unregelmässige, kuglige, mikroskopische, vielfach gebogene, gekrümmte, zerfetzte Hohlräume vor, welche sehr häufig zu mikroskopischer Kleinheit herabsinken und Poren darstellen. Diese Hohlräume erklären sich daraus, dass die Subindividuen bei ihrem Aufbau atmosphärische Luft einschlossen. In ähnlicher Weise wie die atmosphärische Luft konnten auch andere Substanzen, besonders Theile der Mutterlauge, aus welcher die Krystallisation stattfand, bei dem Krystallisationsprocess eingeschlossen werden, so dass verschiedenartige Einschlüsse entstanden.

Die Hohlräume in den Krystallen können auch secundärer Natur sein; sehr häufig entstehen nach der Bildung bei den Krystallen theils regelmässige Spalten parallel den Spaltungsflächen, theils unregelmässige Risse und Sprünge, welche dann mit von aussen hinzutretender fremder Substanz ganz oder theilweise ausgefüllt werden konnten. Die Unterscheidung von primären und secundären Einschlüssen ist mitunter mit grossen Schwierigkeiten verknüpft.

B. Einschlüsse in Krystallen.

1) Beschaffenheit und Vorkommen der Einschlüsse.

Die Einschlüsse in den Krystallen können aus Flüssigkeiten, Gas, Glas, nicht individualisirter Substanz oder Krystallen bestehen.

a) Die Flüssigkeitseinschlüsse sind daran erkennbar, dass sie noch ein Luftbläschen, eine Libelle, enthalten, welche sich beim Neigen der Krystalle hin- und herbewegt. Sie kommen beim Quarz, Steinsalz, Gyps, Flussspath *) etc. vor.

Mikroskopische Einschlüsse von Flüssigkeiten gehören zu den häufigen Erscheinungen, wie zuerst D. Brewster **), dann Clifton Sorby ***) nachgewiesen hat und bestehen aus Wasser oder aus einer Lösung von Salzen, das heisst der Mutterlauge, aus welcher sich die Krystalle gebildet haben, oder aus Gas in vorwaltendem Wasser; sind es Lösungen von Salzen, so finden

---

*) E. Söchting, Zeitschr. für ges. Naturw. XIII, 1859, S. 417.

**) D. Brewster, Transact. of the Roy. Edinbourgh Soc. Vol. 10, 1823.

***) Sorby, quart. journ. of the geol. Soc. XIV, 1858, S. 455. Weitere Literaturangaben über Flüssigkeitseinschlüsse, sowie eine treffliche Behandlung dieses Kapitels findet man bei F. Zirkel, die mikroskopische Beschaffenheit der Mineralien und Gesteine, Leipzig 1873, S. 39—66.

sich in den Hohlräumen zuweilen mikroskopische Krystalle ausgeschieden.

b) Gaseinschlüsse erscheinen einfach als Hohlräume und bestehen meist aus atmosphärischer Luft. Sie finden sich in den verschiedensten Krystallen sowohl mit blossem Auge wahrnehmbar, als auch nur mikroskopisch. Durch Anhäufung feiner Poren verliert die Krystallsubstanz ihre Klarheit, sie erscheint trübe und undurchsichtig.

c) Glaseinschlüsse.*) In ähnlicher Weise, wie ein sich aus wässriger Lösung bildender Krystall Theilchen der Mutterlauge in sich aufnehmen kann, ist es auch bei den aus geschmolzener Masse sich bildenden der Fall; die Krystalle umhüllten bei ihrer Bildung Theilchen derselben, welche zuerst flüssig waren und später erstarrten. Derartige Einschlüsse sind am häufigsten mikroskopisch und finden sich am schönsten bei den schon oben erwähnten sich bei Hüttenprocessen bildenden Krystallen von Eisenolivin, ferner beim Humboldtilith der Eisenschlacken. Mit blossem Auge kann man derartige Einschlüsse in den Quarz- und Feldspathkrystallen beobachten, welche im Pechstein der Insel Arran in Schottland porphyrartig eingeschlossen sind. Wie die Flüssigkeitseinschlüsse zeigen sie eine Libelle, welche jedoch nicht beweglich ist. Die Unterscheidung von Flüssigkeits- und Glaseinschlüssen ist vielfach mit grossen Schwierigkeiten verknüpft.

d) Einschlüsse fremdartiger nichtindividualisirter Substanz.**) Eingewachsene Krystalle umschliessen vielfach Theile der Masse, in welcher sie sich gebildet haben, z. B. Leucitkrystalle Lavamasse; Orthoklas in porphyrischem Granit granitische Substanz; Andalusit (Chiastolith) in Thonschiefer Theile einer schwarzen Substanz (Kohle?); Gyps, thonige Masse, zuweilen auch Eisenoxydhydrat. Hierher können auch die sogenannten krystallisirten Sandsteine von Fontainebleau gerechnet werden, das sind 1. spitzere Rhomboëder des Kalkspaths, welche so viel Sand eingeschlossen enthalten, dass die Kalkspathmasse dagegen zurücktritt.

---

*) F. Zirkel, a. a. O. S. 215.

**) Blum, Leonhard, Seyffert und Söchting, die Einschlüsse von Mineralien, Haarlem 1854.

Derartige Einschlüsse sind bei mikroskopischen Krystallen*) besonders häufig.

e) Einschlüsse von Krystallen sind eine sehr verbreitete Erscheinung, besonders reich an solchen ist der Quarz aus der Schweiz, es kommt Chlorit, Turmalin, Rutil, Anatas, Eisenglanz, Molybdänglanz, Antimonglanz, Asbest etc. eingeschlossen vor, zuweilen auch andere Quarzkrystalle, welche gegen den sie einschliessenden nicht orientirt sind. Im Schwerspath von Kapnik in Ungarn kommt Antimonglanz eingewachsen vor, im Fahlerz von Müsen Kupferkies, im Kupferkies Eisenkies etc. Die Zahl der in den verschiedenen Krystallen vorkommenden fremden Krystalle ist sehr bedeutend.

Besonders verbreitet sind noch Einschlüsse von mikroskopischen Krystallen, Mikrolithen, Krystalliten, welche den sie bergenden Individuen häufig ein besonderes Aussehen geben. Fein vertheilte Eisenglanztäfelchen geben dem Carnallit und Stilbit die rothe Farbe, dem Oligoklas von Tvedestrand in Norwegen einen glänzenden röthlichen Schiller, weshalb derselbe auch Sonnenstein genannt wird. Auch die prachtvolle Farbenwandelung des Labradors, der kupferrothe metallische Schiller des Hypersthen wird durch mikroskopische eingewachsene Kryställchen bewirkt.

2) Anordnung der Einschlüsse in den Krystallen.

Die Einschlüsse sind in den Krystallen theils unregelmässig, theils regelmässig vertheilt.

a) Unregelmässige Vertheilung der verschiedenen Einschlüsse ist sehr häufig, sie erklärt sich daraus, dass der Krystall durch seine Krystallisationskraft die fremdartigen Partikel, wo sie ihm in den Weg traten, mit sich fortgerissen hat und einfach durch seine Neubildungen umhüllte, so dass grössere Krystalle zuweilen noch herausragen, indem sie nicht vollkommen eingehüllt sind, z. B. der Antimonglanz im Schwerspath von Kapnik, Rutil im Quarz aus der Schweiz.

Die Hohlräume, Flüssigkeitseinschlüsse, Glaseinschlüsse sind mitunter in Reihen angeordnet, welche mehr oder minder geradlinig oder wurmförmig den Krystall nach unbestimmten Rich-

---

*) F. Zirkel, a. a. O. S. 215.

tungen durchziehen. Zuweilen sind sie an gewissen Stellen zu grössern Partieen gehäuft, fehlen dagegen an andern. Sind die Hohlräume oder Poren sehr zahlreich, so erhält der Krystall ein opakes Aussehen, in ähnlicher Weise, wie durch mikroskopische Krystalle eine bestimmte Färbung. Man kann dann schon äusserlich an der Trübung des Krystalls die an Poren reichen Stellen erkennen. Auf diese Weise erklärt es sich leicht, dass der Grad der Durchsichtigkeit eines Krystalls an verschiedenen Stellen verschieden ist. Die trüben Stellen gehen ganz allmälig in klare über, in ähnlicher Weise gefärbte in nicht gefärbte oder verschieden gefärbte, wodurch farbige Krystalle wolkenähnlichen Wechsel der Färbungen erhalten, z. B. Flussspath, Diopsid, Amethyst etc.

b) Die regelmässige Anordnung der Einschlüsse bezieht sich auf die Form des Krystalls, in welchem sie eingebettet sind und zwar findet dieselbe nach bestimmten Ebenen statt, welche sich quer durch den Krystall hindurchziehen oder parallel bestimmten Flächen.

1. Anordnung der Einschlüsse nach bestimmten, den Krystall quer durchschneidenden Ebenen kommt bei den verschiedensten Krystallen vor. Der einfachste Fall ist der, dass die Einschlüsse in krystallographischen Axenebenen angeordnet sind, wie es beim Andalusit (Chiastolith) *) der Fall ist. Die Krystalle sind rhombische Prismen von nahezu 90° mit Endfläche, im Innern zeigen sie einen durch mikroskopische Beimengungen dunklen Kern, welcher im Allgemeinen der äussern Form entspricht, aber nicht scharf von der Krystallmasse abschneidet, von den Kanten dieses Kerns gehen in der Richtung der Grundaxen des Prismas dunkle Streifen, welche an den Kanten des Prismas wieder in ein kleines dunkles Prisma endigen.

Bei den mikroskopischen Dodekaëdern von Haüyn **) in dem Basalt von Neudorf bei Annaberg treten die Ebenen der prismatischen Zwischenaxen auf den Durchschnitten als Linien

---

*) F. Zirkel, Zeitschr. d. Deutsch. geol. Ges. XIX., S. 184.

**) Möhl, Neues Jahrb. f. Mineral. 1872, S. 79.

hervor, welche von sehr dicht gedrängten mikroskopischen Körnchen gebildet sind und bei hexagonalem oder quadratischem Durchschnitt die Mitten der gegenüberliegenden Seiten verbinden.

Beim Gyps*) sind häufig Einlagerungen einer lichtbräunlichen, wahrscheinlich organischen Substanz. Zwillingskrystalle des Gypses von Mardorf nach dem Gesetz, Zwillingsaxe die Normale der Querfläche, zeigen derartige Einschlüsse in der Zusammensetzungsfläche, welche in beiden Individuen sich in gekrümmte Fasern fortsetzen, in der Art, dass die Krümmung nach den spitzen Ecken der gewöhnlichen Gypsform geht. Ferner kommen beim Gyps auch Einschlüsse vor, welche in der Axenebene *a/c* liegen, z. B. bei Sütel im östlichen Holstein. Fig. 226 stellt eine Horizontalprojection der gewöhnlichen Gypsform auf die Längsfläche (Hauptspaltungsfläche) dar. Im Innern ist ein dunkler Kern sichtbar, dessen Begrenzung der des Krystalls entspricht, und von den Ecken des Kerns gehen wieder dunkle Stellen nach den Ecken des Krystalls, welche in der Nähe des Kerns dicker, sich nach aussen mehr und mehr verjüngen. Von diesen beiden Strahlen ist der die spitzen Ecken verbindende der stärkere.

Hierher sind auch die mikroskopischen Einschlüsse in Leuciten**) eines vesuvischen Lavastromes, der nach Torre del Greco floss, welche vom Centrum nach der äussern Begrenzung hin radial angeordnet sind, zu rechnen.

2. Einschlüsse parallel bestimmten Flächen.

Diese Einschlüsse unterscheiden sich von den vorhergehenden dadurch, dass sie nicht in einzelnen Ebenen liegen, welche den Krystall quer durchsetzen, sondern in verschiedenen parallen Ebenen, welche Axenebenen oder bestimmten Flächen überhaupt entsprechen. Die verschiedenen parallelen Flächen durchdringen sich vielfach netzförmig.

Die röthlichen Kalkspathkörner des serpentinführenden Kalksteins von Modum in Norwegen enthalten in grosser Menge rothe scharf begrenzte Nädelchen, welche nach den Axenebenen des Kalkspaths orientirt sind, indem sie bald sich unter 60°

---

*) Fr. Scharff, Abh. d. Senckenb. Ges. in Frankfurt a. M. VIII, Band 1871.

**) F. Zirkel, Mikrosk. Beschr. d. Min. u. Gest. S. 150.

schneiden, bald aufeinander senkrecht stehen; ganz in ähnlicher Weise sind in dem Elaeolith von Lauroig in Norwegen grüne Hornblendelamellen eingewachsen. Weitere Beispiele liefern mikroskopische Krystalle von Nephelin, Nosean etc.*)

In dem zweiaxigen Glimmer von South Bourgess in Canada**) kommen Kryställchen eines einaxigen Glimmers eingewachsen vor, welche nur selten regelmässige Sechsecke darstellen, meist nach einer Seite des Sechsecks prismatisch verlängert als Stäbchen erscheinen, aber auch allerlei verschiedene Gestalten je nach der relativen Entwickelung der Seiten haben können. Diese eingewachsenen Stäbchen liegen mit ihrer Längsrichtung parallel der Querfläche und den Prismenflächen ($a : {}^1\!/_3 b : \infty c$), also nur parallel einer Axe, der *b* Axe. Die Querfläche und die Prismenflächen bilden nahezu ein regelmässiges Sechseck, dessen Seiten dann auch die Begrenzungsflächen der eingewachsenen Krystalle parallel gehen. Ausser diesen Hauptrichtungen treten noch Nebenrichtungen auf, welche gegen die erstern um 30° gedreht sind und den Längsflächen, sowie den Flächen des verticalen Hauptprismas des Individuums entsprechen, in welchem die Krystalle eingewachsen sind. Die Krystalle liegen bunt durcheinander, denkt man sich aber in einem Punkte Krystalle nach allen angegebenen Richtungen angeordnet, so bilden dieselben um diesen Punkt einen zwölfstrahligen Stern. Ein solcher ist schön sichtbar, wenn man durch die Glimmerplatte eine Kerzenflamme betrachtet, es erscheint dann ein 6strahliger Lichtstern mit 6 schwächern Nebenstrahlen, eine Eigenschaft, welche den Namen Asterismus erhalten hat.

Beim Gyps***) kommen Einlagerungen parallel der Querfläche und der die Kante des vordern schiefen Prismas der Grundform gerade abstumpfenden vordern schiefen Endfläche vor, ferner nach der auf der Hauptaxe senkrechten Ebene.

Beim Labrador sind die mikroskopischen Krystalle in Flächen mit sehr complicirtem Zeichen angeordnet, nämlich nach

---

*) F. Zirkel, a. a. O. S. 215.

**) G. Rose, Monatsb. der Kgl. Akad. d. Wissensch. zu Berlin, April 1869, S. 399.

***) Fr. Scharff, a. a. O. S. 219.

($^{29}/_9 a : b : \infty c$) und ($^{31}/_4 a : b : \infty c$)*); beim Hypersthen **) sind mikroskopische Lamellen nach den Flächen ($\infty a : 3b : \infty c$) interponirt. Eine einfachere Lage haben die mikroskopischen Krystalle im Diallag ***), es liegen derartige theils parallel der Längsfläche, theils parallel der Querfläche, ausserdem noch parallel einer schiefen Endfläche. Alle diese Mineralien verdanken den regelmässig interponirten Lamellen Farbenschiller, resp. metallischen Schiller. Noch häufiger als nach einzelnen Flächen sind Einschlüsse nach den sämmtlichen Begrenzungsflächen des Krystalls, welche dann bei den Absätzen in der Krystallbildung besprochen werden sollen.

In vielen Fällen sind die Einschlüsse nicht durch die ganze Krystallmasse gleichmässig vertheilt, sondern lassen bestimmte Theile frei, welche dann als klare Stellen erscheinen. Diese klaren Stellen haben dann häufig eine bestimmte krystallographische Lage, entsprechend derjenigen von Einschlüssen, welche nach bestimmten Ebenen den Krystall quer durchsetzen; z. B. beim Gyps von Suez (S. 209).

3) Bedeutung der Einschlüsse.

Die regelmässigen Einschlüsse stehen mit der Tektonik der Krystalle im engsten Zusammenhange, insofern es nicht Ausfüllungen später entstandener Spalten und Klüfte sind. Die Ebenen und Richtungen, welche als dunkle Stellen durch die Anhäufung der Einschlüsse, oder als klare Stellen den Krystall quer durchsetzen, haben für die Tektonik eine gleiche Bedeutung, was daraus erhellt, dass die bei Fig. 226 dunkel erscheinenden Stellen bei andern Gypskrystallen klar sind. Es sind durch dieselben tektonische Axenebenen oder tektonische Flächen bezeichnet, welche je nach der Bildungsweise der Krystalle verschieden sind.

Die Einschlüsse selbst sind in vielen Fällen von besonderer Bedeutung für die Bestimmung der Umstände, unter welchen die Einigung der Individuen stattfand. Bei rasch vorsichgehender Bildung entstehen leicht Einschlüsse von Mutterlauge

*) Alb. Schrauf, Sitzungsberichte d. K. K. Akad. d. Wissensch. in Wien, Band 60, 1. Abth. 1869, S. 1.

**) Kosmann, Neues Jahrbuch für Mineral. 1869, S. 532.

***) G. Rose, Zeitschr. d. Deutsch. geol. Ges. 1867, B. XIX, S. 280.

oder Luft, das heisst Poren und Hohlräume, bei langsamer dagegen weniger. So erklärt sich das Auftreten von Einschlüssen in einem Krystall leicht aus dem Wechsel, welcher in der Beschleunigung der Bildung des Krystalls stattfand. Wässrige Einschlüsse liefern noch keinen Beweis der wässrigen Bildung, da auch feurigflüssige Massen meist Wasser enthalten, dagegen sind Glaseinschlüsse nur möglich bei Bildung aus feurigem Fluss; leicht schmelzbare Mineralien, z. B. Antimonglanz in Quarz, schliessen die Annahme der Bildung auf feurigflüssigem Wege aus. Diese Beispiele mögen hier genügen, da sie nur einen Fingerzeig geben sollen, wie wichtig die Einschlüsse für die Erklärung der Paragenesis der Mineralien sind.

C. Absätze in der Bildung der Krystalle.

Die Absätze in der Bildung gewähren einen Einblick in die Art und Weise, wie sich der Krystall vergrössert hat.

1) Der einfachste Fall der Vergrösserung ist der, dass sich um einen Kern gleich gestaltete Hüllen legen. Diese Hüllen kommen bei farbigen Krystallen dadurch zur Erscheinung, dass sie verschieden gefärbt sind, oder dass eine fremdartige Substanz dazwischen gelagert ist, oder dass die Hüllen den Kern nicht vollständig umgeben.

Bei den Mineralien, welche verschiedene Färbungen haben, liegt der Grund theils in verschiedenen isomorphen Beimengungen oder solchen eines fremden, färbenden Stoffes. Es erklärt sich nun leicht, dass, wenn die Mutterlauge keine gleichartige während der ganzen Bildung gewesen ist, sondern eine wechselnde, das Aussehen der Krystallsubstanz dadurch bedingt wurde. Fand nun der Wechsel in der Mutterlauge allmälig statt, so wird der entstandene Krystall allmälig ineinander übergehende Farben aufzuweisen haben, war der Wechsel dagegen mit einer Unterbrechung in der Bildung verbunden, so werden scharf von einander getrennte verschieden gefärbte Hüllen vorhanden sein.

Die allmäligen Farbenübergänge bieten kein besonderes Interesse für die Krystalltektonik, es sind häufig wiederkehrende Erscheinungen; der Diopsid geht vom farblosen zuweilen ins dunkelgrüne über, Beryll vom farblosen ins gelb, grün, blau, Topas von gelblichroth in violettroth etc. Alle die angeführten Beispiele gehören prismatisch entwickelten Krystal-

len an und die Farbenunterschiede finden in der Richtung der Hauptaxe statt.

In derselben Weise, wie ein Krystall allmälig ineinander übergehende Farben zeigen kann, ist auch der Grad der Durchsichtigkeit verschieden, gewisse Berylle aus Australien sind an dem einen Ende klar, an dem andern trübe; dasselbe kann man beim Quarz und vielen andern Mineralien beobachten. Diese theilweisen Trübungen eines Krystalls sind jedoch nicht immer in der Tektonik begründet, sondern häufig die Folge späterer Einwirkungen, auf welche auch zuweilen die verschiedenen Färbungen zurückzuführen sind.

Scharfe Farbenunterschiede, das heisst sich scharf begrenzende, verschieden gefärbte Hüllen zeigt unter andern Mineralien der Turmalin, gewisse Krystalle von Chesterfield in Massachusets haben einen rothen Kern und blaue Hülle, Krystalle von Elba sind unten weiss oder lichtgrün und oben schwarz, die sog. Mohrenköpfe. Die verschieden gefärbten Theile gehören hier verschiedenen isomorphen Mischungen an, wodurch der Beweis geliefert ist, dass sich isomorphe Substanzen bei der Krystallisation wie chemisch gleiche verhalten.

Dieser Satz lässt sich auch experimentell*) erhärten; wenn man einen Thonerdealaunkrystall in eine Lösung von Chromalaun taucht, so bildet sich um den weissen Kern eine violette Hülle, um diese kann man sich wieder eine weisse und so fort bilden lassen, so dass dann die einzelnen Hüllen, wenn man den Krystall durchschneidet, deutlich wahrnehmbar sind. Die Grenzen der Hüllen treten um so schärfer hervor, je grösser der Unterschied in der Löslichkeit der beiden Substanzen ist, und sind bei ungefähr gleicher Löslichkeit mehr verschwommen.

Hüllen mit verschiedenem Grade der Durchsichtigkeit kann man häufig beim Quarz beobachten, z. B. von Alston Moor in Cumberland; im Querbruch zeigen solche Krystalle in Folge dessen eine eigenthümliche fortificationsähnliche Zeichnung. Bildet sich um einen trüben Kern eine durchsichtige Hülle, so tritt die Hüllenbildung sehr deutlich hervor.

---

*) K. v. Hauer, Episomorphe Krystallisationen, Sitzungsber. der K. K. Akad. d. Wissensch. in Wien 1859, S. 611.

Dieselben Erscheinungen kann man häufig bei mikroskopischen Krystallen wahrnehmen, z. B. am Augit, Hornblende, Orthoklas etc.

Zwischenlagen von fremdartiger Substanz bezeichnen verschiedene Perioden der Unterbrechung der Krystallbildung, in welchen auf der Oberfläche Krystalle oder überhaupt mineralische Substanzen sich absetzten und eine mehr oder minder zusammenhängende Hülle um den Krystall bildeten. War diese Hülle nicht zu dick, um die Attraction des Krystalls bei neuem Zusatz von Material zu hindern, so ging die Fortbildung in regelmässiger Weise vor sich. Auch bei dickern Zwischenlagen kann eine regelmässige Fortbildung sattfinden, wenn dieselben den Krystall nicht gleichmässig bedecken, sondern einzelne Stellen freilassen, von denen aus die Weiterbildung vor sich gehen kann. Umgiebt man Alaunkrystalle *) mit einer Collodiumschicht, so wird dadurch die Fortbildung verhindert, was jedoch nicht der Fall ist, wenn diese Schicht kleine, wenn auch noch so geringe Stellen des Alauns freilässt.

Zusammenhängende Zwischenschichten bewirken eine Absonderung der Krystalle, die sogenannten Kappenbildungen, welche beim Quarz aus Devonshire, beim Wolfram aus dem Erzgebirge, Pistazit von Arendal, Vesuvian von Eger bei Köngsberg etc. vorkommen. Die dünne Zwischenschicht besteht hier meist aus Eisenoxydhydrat und man kann mehr oder minder dicke Schalen abheben. Sind die Hüllen sehr dünn, so kann man die Absonderung nach ihnen leicht mit Spaltungsflächen verwechseln, z. B. beim Salit. Es ist dies vergleichbar mit der falschen Spaltbarkeit nach der Zwillingsebene (S. 36). Sind die Zwischenlagen weniger zusammenhängend, so findet nach ihnen keine Absonderung statt und man erkennt den Hüllenbau nur bei durchsichtigen Krystallen an der regelmässigen Anordnung der Einlagerungen oder auf Querschnitten, was besonders häufig bei mikroskopischen Krystallen der Fall ist, z. B. Leucit.**) Wird ein Krystall nur zum Theil umhüllt, so ragt der Kern aus der Hülle zum Theil heraus, wie es

*) Kopp, Poggend. Ann. 94, S. 118.

**) F. Zirkel, Zeitschr. d. Deutsch. geol. Ges. B. XX, S. 97.

Fig. 208, der sogenannte Skepterquarz von Schemnitz in Ungarn darstellt.

2. Die Hüllen sind anders gestaltet als der Kern. Der Kern kommt hier in derselben Weise zur Erscheinung, wie bei den gleichgestalteten Hüllen. Es giebt Flussspathhexaëder von lichtgrüner Farbe, welche als Kern ein violettes Oktaëder haben. Mikroskopische Augite in den Laven von Herchenberg und von Niedermendig am Laacher See *) zeigen einen opaken Kern, dessen Endigung die Flächen des schiefen Prismas der Grundform bilden, während die Hülle an Stelle dieser Flächen eine schiefe Endfläche hat. Hier lässt auch die Umhüllung wieder verschiedene Hüllen erkennen, in ähnlicher Weise wie der Eisenspath (Fig. 217) aus Devonshire. Bei diesem gehört der Kern einem Skalenoëder, die Umhüllung dem 1. Prisma an, sowohl Kern wie Hüllen zeigen wieder verschiedene Hüllen, welche sich durch verschiedene Färbungen abheben, sie sind abwechselnd lichter und dunkler braun gefärbt. Der Kern tritt zuweilen auch dadurch hervor, dass sich auf Kanten desselben eine fremde Substanz abgesetzt hat, z. B. Hexaëder von Flussspath zeigen als Kern ein Oktaëder, auf dessen Kanten kleine weisse Kryställchen (Kalkspath?) sitzen. In Phenixville **) kommen Kalkspathkrystalle der Combination 1. Prisma und 1. stumpferes Rhomboëder vor, nach den schiefen Diagonalen der Rhomboëderflächen liegen Eisenkiespartikelchen, welche also die Richtung der Kanten des Hauptrhomboëders haben. Aehnliche Skepterbildungen, wie der Quarz, zeigt auch der Schwerspath aus der Auvergne (Fig. 221), der Stiel wird hier durch ein vorwiegend entwickeltes Längsprisma gebildet, während bei der Hülle das Querprisma vorherrscht. Besonders reich an Umhüllungen, bei denen der Kern eine andere Form hat, ist der Kalkspath ***). Fig. 216 stellt ein 1. Prisma dar mit Endfläche, aus der letztern ragt warzenartig ein Skalenoëder heraus.

3. Die Neubildungen stellen keine zusammenhängende Hülle dar. Hierher gehören zunächst Bildungen, welche

---

*) F. Zirkel, Basaltgesteine, 1870. S. 23.

**) Dana, A System of mineralogy, London 1868, S. 676.

***) Blum, Leonhard, Seyffert, Söchting, die Einschlüsse von Mineralien, Haarlem 1854, Taf. V und VI.

mit den vorigen in innigem Zusammenhange stehen, indem sich um ein inneres Individuum mehrere Subindividuenh öherer Stufe anordnen, welche eine mit dem Kern gleiche oder von ihm verschiedene Gestalt haben; durch eine theilweise Einigung dieser Subindividuen sind Uebergänge zu den zusammenhängenden Hüllen vorhanden. Beispiele liefert in grosser Anzahl der Kalkspath, auf Skalenoëder sind hexagonale Prismen aufgewachsen, auf Rhomboëder Skalenoëder etc. Kengott *) beschreibt von Schlaggenwald in Böhmen ein blassblaues Oktaëder von Flussspath, auf dessen Ecken dunkler gefärbte Dodekaëder sitzen. Derartige aufgewachsene Subindividuen können auch gegen den Kern eine hypoparallele Stellung haben.

Ferner sind hierher diejenigen Krystalle zu rechnen, welche durch Neubildungen eine Veränderung ihrer Combinationen und Form überhaupt erlitten haben, indem die Subindividuen sich vorzugsweise auf gewissen Flächen aufbauten. In Zinnwald kommen auf Quarz Flussspathkrystalle von lichtgrüner Farbe vor, welche, soweit diese Farbe reicht, Mittelkrystalle von Hexaëder und Oktaëder darstellen. Die Neubildung fand nur auf den Oktaëderflächen statt, so dass Hexaëderflächen schliesslich den Krystall allein begrenzen, was sich dadurch zu erkennen giebt, dass die Ecken dieses Hexaëders violett gefärbt sind. Aehnliche Vergrösserungen des Mittelkrystalls zu einem Hexaëder kommen auch beim Bleiglanz **) vor; die Neubildung ist von dem Kern durch eine Rinne getrennt, wie es die Horizontalprojection (Fig. 175) zeigt.

D. Unterbrechungen durch mechanische Verletzungen.

Wenn man von einem Krystall ein Stück abbricht und ihn dann wieder in eine gleiche, gesättigte Lösung legt, so sieht man an der verletzten Stelle eine besonders lebhafte Krystallisationsthätigkeit eintreten, indem die Subindividuen sich hier zahlreicher anlegen, als an den unverletzten Stellen und sich gewissermassen bemühen, die Verletzung auszuheilen.

Ist die mechanisch hervorgerufene Veränderung eine willkürliche, das heisst eine vollkommen unregelmäs-

*) Sitzungsber. d. K. K. Akad. d. Wissensch. zu Wien, 1854, S. 462.
**) A. Sadebeck, Bleiglanz, a. a. O. S. 43.

sige oder eine Fläche, welche zu der Krystallreihe des Krystalls gar nicht passt, so zielt die Neubilbung einfach dahin, die frühere Form wieder herzustellen.

Verletzungen von Krystallen kann man häufig unter den Mineralien beobachten. Säulige Krystalle sind vielfach zerbrochen, einfach geknickt, oder wenn sie biegsam sind, gebogen, ersteres ist z. B. beim Pistazit von der Knappenwand im Untersulzbachthal der Fall, beim Turmalin aus dem Zillerthale, letzteres beim Antimonglanz, z. B. vom Wolfsberge am Harz, beim Gyps aus der Mariengrotte bei Friedrichsrode unweit Gotha (Fig. 229). In ähnlicher Weise sind auch Krystalltafeln mechanischen Veränderungen unterworfen, z. B. die schönen Bleiglanztafeln von Gonderbach bei Laasphe *) einfach zerbrochen, gewölbt oder sogar gefältelt.

Bei den zerbrochenen Krystallen einigen sich die Subindividuen zunächst in dem vorhandenen Spalt, und indem beide Theile des Krystalls eine Attraktion ausüben, erhalten dieselben eine hypoparallele Stellung; der Spalt wird ausgefüllt und die Verbindung zwischen beiden Hälften durch gekrümmte Flächen hergestellt. Sehr schön lässt sich dies bei dem Pistazit von der Knappenwand beobachten, bei welchem die ausheilenden Subindividuen eine lichter grüne Farbe haben, als die verletzten Hauptindividuen. Die ausgeheilten geknickten Krystalle lassen an der Knickung zwei Grenzen erkennen, durch welche ein zwischen die Hälften eines Krystalls eingeschobener Keil bezeichnet ist.

Es kann die Anordnung der Subindividuen vorzugsweise an der einen Hälfte des zerbrochenen Krystalls stattfinden, was besonders dann der Fall ist, wenn ein prismatischer Krystall mehrmals geknickt ist, wobei grössere Theile desselben die normale Stellung beibehalten haben. An diesen Stellen geht nun die Fortbildung vor sich, so dass zwischen zwei gleichen Theilen die Verbindung wieder hergestellt wird, der Raum zwischen diesen aber und einem geknickten Theile nicht ausgefüllt ist, wie es der schwarz gehaltene Theil (Fig. 229) zeigt.

---

*) A. Sadebeck, Bleiglanz a. a. O. S. 43.

Auch bei rationellen Verletzungen*), das heisst, wenn man an einem Krystall Flächen anschleift, welche in seine Krystallreihe hineingehören, findet der Ansatz der Subindividuen vornehmlich an den verletzten Stellen statt. Schneidet man z. B. an einen Chromalaunkrystall eine Hexaëderfläche an und legt ihn in eine gleiche Lösung, so setzen sich auf dieser Fläche lauter Subindividuen an, welche die oktaëdrischen Ecken nach aussen kehren und die sämmtlich nahezu in ein Niveau fallen; es entsteht also eine drusige Hexaëderfläche. Diese Hexaëderfläche wird dann immer kleiner und kleiner, bis schliesslich das Oktaëder wieder vollständig hergestellt wird. Legt man den Chromalaunkrystall mit der angeschliffenen Hexaëderfläche in eine Lösung des isomorphen Eisenalaun, so entstehen glatte Hexaëderflächen, welche dann bei weiterer Fortbildung wieder verschwinden.

Sind die Schliffflächen nur annähernd den Krystallflächen parallel, so werden dieselben in ihrer richtigen krystallographischen Lage hergestellt, ja es genügt mitunter schon ein einfaches Abschaben an Ecken, um den Krystall zur Bildung bestimmter Flächen gewissermassen zu reizen. So erhält man beim chlorsauren Natron**), wenn man die Ecken und Kanten der Krystalle abschabt, bei Weiterbildung Flächen des Tetraëders und Pentagondodekaëders. Bemerkenswerth ist ferner der Umstand, dass an einem Oktaëder des Alauns, an welchem man nur zwei Hexaëderflächen angeschliffen hat, sich die andern 4 auch bilden, dass also der Krystall die Symmetrie in ähnlicher Weise herstellt, wie die richtige krystallographische Lage der Flächen.

3. Gestörte Einigung der Subindividuen.

Störungen, welche der Einigung der Subindividuen entgegentreten, werden vielfach durch die Krystallisationskraft überwunden und so entstehen die schon geschilderten Einschlüsse. Anders dagegen verhält es sich, wenn zwei oder mehrere Krystalle sich gegenseitig während der Bildung stören,

---

*) v. Hauer, Sitzungsber. der K. K. Akad. in Wien 1859, S. 618, 1860 S. 539.

**) Marbach, Comptes rendus 43 S. 705.

das heisst, wenn die verschiedenen Individuen gewissermassen auf denselben Raum Anspruch machen oder wenn eine andere fremde Substanz der freien Bildung hinderlich in den Weg tritt.

A. Zwei Individuen stören sich gegenseitig.

1) Zwei Individuen haben gegeneinander eine regelmässige Stellung, hierfür liefert der sogenannte Babylonquarz *) ein gutes Beispiel.

Der Quarz von der gewöhnlichen Form ist gegen ein Hexaëder des Flussspaths so gestellt, dass seine Hauptaxe mit einer Axe des Flussspaths und eine Prismenfläche mit einer Hexaëderfläche zusammenfällt, wie es bei Fig. 228a zunächst an dem Individuum des Quarzes *a'* in Bezug auf den Flussspath *a* der Fall ist. Es geht nun die Bildung des Flussspaths vor sich, welcher mit der Hülle *b* den Quarz *a'* theilweise umgiebt. Dann hört die Flussspathbildung auf, dagegen baut sich der Quarz *a'* um die Hülle *b'* weiter auf, wobei der vorhandene Flussspath hinderlich ist den ganzen Krystall zu umhüllen. Dasselbe wiederholt sich dann mit dem Flussspath *c*, dem Quarz *c'*, Flussspath *d*, Quarz *d'*. Das Endresultat ist eine treppenartige gegenseitige Begrenzung von Flussspath und Quarz, welche jedoch nicht immer so regelmässig ist, wie es die Figur darstellt; bald herrscht der eine, bald der andere Krystall mehr vor, bald ist die Intermittenz eine langsame, bald eine sehr rasche. Bei unregelmässiger Intermittenz wechseln auf der Treppenbildung breite und schmale Stufen; bei langsamer Bildung sind die einzelnen Stufen deutlich getrennt und von wirklichen Krystallflächen begrenzt, bei rascher gehen die Stufen allmählig ineinander über und es kommen auf ihnen Subindividuen niederer Stufe zur Erscheinung. Dieser gestörte Bau des Quarzes tritt dadurch schön hervor, dass der Flussspath fortgeführt wird, der Quarz sieht dann wie Fig. 228 aus, welche eine Horizontalprojection auf die Prismenfläche des Quarzes darstellt, die der Hexaëderfläche des Flussspaths parallel ist. Dieser „Babylonquarz" giebt zugleich den Schlüssel zu ähnlichen Erscheinungen bei andern Krystallen, welche nur die Treppenbildung zeigen, ohne dass man den Krystall kennt, welcher in

*) G. Rose, Poggend. Ann. 100, S. 142.

Intermittenz getreten ist; Zirkon von Niedermendig, die Combination des Grundoktaëders mit 2. Prisma, zeigt Treppenbildung auf einer Prismenfläche, wobei die Begrenzung der Absätze vom Oktaëder und 1. Prisma gebildet wird; auch beim Zirkon von Fredriksvärn kann man zuweilen derartige regelmässige Treppenbildungen beobachten.

2) Die Individuen haben gegeneinander eine ungefähr regel- oder unregelmässige Lage. Bei Sütel im östl. Holstein kommen Gypskrystalle vor, welche sich kreuzförmig durchwachsen, ähnlich wie der Staurolith. Schon bei leisem Druck trennen sich die beiden Individuen, das eine löst sich aus dem andern heraus, die Begrenzung der beiden Individuen ist eine derartige, dass das eine mit einem Zapfen in einem Loch des andern steckt (Fig. 230). Die den Zapfen und das Loch begrenzenden Flächen sind keine wirklichen Krystallflächen, es sind Flächen, welche sich gebildet haben, indem die Subindividuen beider Krystalle sich berührten, deshalb ist auch ihre Lage eine wechselnde, obgleich einzelne Flächen mit Krystallflächen nahezu oder genau einspiegeln. Derartige Flächen, welche also gewissermassen die Folge des gegenseitigen Druckes der Subindividuen sind, kann man Druckflächen oder Contactflächen nennen. Die Druckflächen haben theils eine Lage, welche zu der Krystallform passt, in ähnlicher Weise, wie bei den vorhin beschriebenen Treppenbildungen, das sind bei Fig. 230 die Flächen aus der Zone des verticalen Prismas und des vordern schiefen Prismas der Grundform, theils eine Lage, welche sich mit keinen Zonen des Krystalls in Verbindung bringen lässt. Aehnliche Erscheinungen sind unter den Mineralien sehr häufig, z. B. beim Granat, Vesuvian, Flussspath, Analcim etc.

Die Druckflächen haben dadurch noch eine krystallographische Wichtigkeit, dass ihr Vorhandensein auf getrennte Individuen hinweist, die sich gegenseitig in der Bildung gestört haben. Mag die Stellung zweier Individuen, welche mit Druckflächen verbunden sind, auch genau diejenige sein, welche zwei in Zwillingsbildung befindliche Individuen erheischen, so kann man derartige Verwachsungen doch nie als Zwillinge bezeichnen, da sich zu einem Zwilling verbundene Individuen gewissermassen wie ein Hauptindividuum verhalten. Es

liefern also die Druckflächen ein wichtiges Mittel, um wirkliche Zwillinge an zwillingsähnlichen Verwachsungen verschiedener Individuen zu unterscheiden. Die aus den Druckflächen abgeleitete Deutung wird dann auch durch das Vorkommen bestätigt werden, es werden nemlich derartige gewissermassen die Zwillingsbildung nachahmende Verwachsungen nicht häufiger wiederkehren, sondern nur ein Fall der verschiedenen mannigfaltigen Verwachsungen sein, welche zwei getrennte Individuen eingehen können, wenn sie sich in der Bildung treffen.

B. Die Störung in der Bildung bezieht sich vornehmlich auf ein Individuum.

Das störende Individuum ist vollkommen regelmässig ausgebildet und zeigt selbst keine Spuren von Störung, wogegen das gestörte nicht zur Ausbildung der Form gelangt ist. In der Schweiz kommen Drusen von Rauchquarz vor, wobei die Krystalle durch eine Fläche gewissermassen abgeschnitten sind. Das erklärt sich dadurch, dass eine Kalkspathplatte sich quer über die Quarzkrystalle gebildet hat und ihre Bildung so rasch vor sich ging, dass der langsamer sich bildende Quarz nicht zur Intermittenz gelangte. Die Subindividuen des Quarzes haben sich nun so viel wie möglich geeinigt und eng an den Kalkspath angeschlossen, so dass eine Fläche entstand, welche fast eben ist und zuweilen sogar Details der Kalkspathtafel erkennen lässt.

Aehnliche Störungen können durch allerlei fremdartige Substanzen hervorgerufen werden, Bruchstücke, Wände von Klüften, und es erklären sich auf diese Weise die schon oben beschriebenen treppenartigen Bildungen von selbst gezogenen Krystallen auf den Flächen, mit welchen dieselben auf dem Boden oder den Wandungen des Gefässes anhaften. Ganz analog sind gewisse Quarzkrystalle aus der Schweiz, welche an dem einen Ende vollkommen ausgebildet sind, an dem andern dagegen lauter Subindividuen und zwar solche niederer Stufe erkennen lassen, was darauf schliessen lässt, dass an diesem Ende ein gleicher Zutritt von Substanz, wie am andern, gestört war.

C. Störungen durch die umgebende Masse.

Durch sehr starke Störungen kann die Form der Krystalle mitunter ganz zurücktreten und es entstehen nur unregelmässig körnige oder kuglige Gestalten, so Chondrodit im körnigen

Kalkspath, Olivin in Meteoreisen, dem sogenannten Pallaseisen. Der Krystallisationsprozess des körnigen Kalkspaths und Eisens ging hier so rasch von statten, dass sich der Chondrodit und Olivin nach aussen hin nicht vollkommen individualisiren konnte.

Allgemeine Betrachtungen über die Einigung der Subindividuen.

Die Verschiedenheiten in der Art und Weise der Einigung der Subindividuen stehen im innigsten Zusammenhange mit allen bei der Bildung obwaltenden Umständen. Die Krystallbildung erfolgt im Allgemeinen aus drei verschiedenen Zuständen der Mutterlauge, aus wässrigen, feurigflüssigen oder gasförmigen. Die Mutterlauge kann reichlich oder spärlich vorhanden sein, mehr oder weniger concentrirt, sie kann fremde Beimischungen enthalten, welche störend und hemmend einwirken, die Temperatur kann den Krystallisationsprozess beschleunigen oder verzögern, besonders bei Substanzen, welche bei verschiedenen Temperaturen eine verschiedene Löslichkeit haben. Die vollständigste Einigung der Subindividuen tritt ein, wenn die Mutterlauge mässig concentrirt ist, der Uebergang in den krystallisirten Zustand ein langsamer ist und keine fremden Beimengungen vorhanden sind. Ist die Mutterlauge dagegen sehr concentrirt und scheidet sich bei rascher Verdunstung des Lösungsmittels oder bei sinkender Temperatur gesättigter Lösungen in kurzer Zeit vielfach Substanz aus, so ist die Einigung eine weniger vollkommene, es entstehen Krystallskelette oder regelmässige Verwachsungen, letztere besonders, wenn fremde Substanz als Schlamm bei der Bildung vorhanden ist.

Man kann auf diese Weise auch umgekehrt aus der Art der Einigung der Subindividuen bei den in der Natur vorkommenden Krystallen auf die die Bildung der Krystalle begleitenden Umstände Schlüsse ziehen. Die Eisenglanzkrystalle von Elba z. B., welche vollkommen ausgebildete Krystalle mit nur wenig hervortretenden Subindividuen sind, lassen auf eine ruhige wässrige Bildung schliessen, diejenigen vom Vesuv, welche durch Sublimation entstanden sind und auf der tafelartigen Endfläche deutliche Subindividuen haben sowie vertiefte Rhomboëderflächen, dagegen auf eine beschleunigte Bildung. Die regelmässig baumförmigen Verwachsungen z. B. die in Kalkstein eingewachsenen des Sibirischen Kupfers erklären sich ihrer Ent-

stehung nach leicht in der Woise, dass sie sich in einem Kalkschlamm gebildet haben; derartige freie Bildungen von der Grube Friedrichssegen in Nassau waren während ihrer Bildung von einem Schlamm umgeben, welcher nicht zu einer festen Masse wurde, sondern zu einer lockern eintrocknete.

Bei den Schlüssen, welche man aus unvollkommenen Krystallbildungen zieht, muss man sicher sein, dass die Unvollkommenheiten ursprüngliche sind und nicht solche, welche nur die Folgen späterer Einwirkungen ätzender und auflösender Substanzen darstellen. Diese Unterscheidung ist jedoch häufig sehr schwer, weil durch die allmälige Auflösung der Krystalle der Bau in ähnlicher Weise zur Erscheinung kommt, wie bei der unvollständigen Ausbildung, indem die durch Aetzung erhaltenen Eindrücke die Form der Subindividuen wiedergeben. Auf spätere Einwirkungen kann man besonders dann schliessen, wenn die Unvollkommenheiten nicht gleichmässig am ganzen Krystall auftreten und besonders nicht gleichmässig auf den gleichnamigen Flächen, sondern wenn sie unregelmässig über den Krystall verbreitet sind, so dass derselbe zerfressen und durchlöchert erscheint. Mit den schönen Pistaziten von der Knappenwand kommen Kalkspathkrystalle vor, welche die Einwirkung auflösender Gewässer deutlich erkennen lassen.

Bei den sogenannten zerfressenen Quarzen aus der Schweiz ist man meist in Zweifel, ob man es mit ursprünglicher Bildung oder gestörter zu thun hat, was besonders darin seinen Grund hat, dass zum Theil aufgelöste Krystalle wieder sich fortbildeten, dann wieder Auflösung eintrat u. s. f., so dass diese sogenannten Missbildungen die Folge von Auflösung und Neubildung zugleich sind.

Die S u b i n d i v i d u e n n i e d e r e r S t u f e kommen theils allein mit Ausschluss derjenigen höherer Stufe zur Erscheinung, theils sind sie zu solchen höherer Stufe geeinigt. Der Umstand, dass die Subindividuen niederer Stufe besonders schön bei Krystallen mit scheinbar ganz glatten Flächen zur Erscheinung kommen, also bei den vollkommensten, lässt darauf schliessen, dass sie das Resultat der ruhigsten Bildung bei nicht zu viel Material sind.

Ferner entstehen auch bei äussern Störungen durch fremdartige Masse an den Stellen, wo dieselbe stattfand, Subindivi-

duen niederer Stufe, da durch die fremdartige Masse die Bildung verzögert wurde. Auf diese Weise erklären sich Quarzkrystalle, welche nur oder zum grössten Theil von vicinalen Flächen begrenzt sind, wie Fig. 211.

Noch einen weitern Beweis dafür, dass die Subindividuen niederer Stufe bei langsamer Bildung entstehen, findet man darin, dass bei langsamer Aetzung dieselben deutlich zur Erscheinung kommen, bei rascher und starker dagegen, mehr und mehr verschwimmen. Dies erklärt sich daraus, dass dann eine grössere Anzahl von Subindividuen herausgeätzt wird, welche untereinander nicht zu einem bestimmten grössern Subindividuum geeinigt sind.

Bei den aus Subindividuen höherer Stufe aufgebauten Krystallen müssten dieselben durch starke Aetzung hervorgebracht werden können, was jedoch nur selten der Fall ist, es entstehen meist nur unregelmässige Erhöhungen und Vertiefungen.

Manche Krystalle verhalten sich in der Art eigenthümlich, dass sie bei verschiedenen Aetzmitteln verschiedene Aetzfiguren zeigen, z. B. beim Kalkspath erzeugt concentrirte Salzsäure andere Figuren, als concentrirte Salpetersäure. Dies beruht, da diese Säuren stark verdünnt dieselben Figuren hervorrufen, darin, dass sie mit verschiedener Stärke den Kalkspath angreifen.

Die Grösse der Subindividuen ist sehr verschieden, da alle zur Erscheinung kommenden, sowohl die direct sichtbaren, als auch die durch Aetzung hervorgerufenen schon geeinigt sind. Die ersten Subindividuen dürften keinerlei Flächenzeichnung, wie z. B. Streifung, zeigen. Der Umstand aber, dass die grössten Subindividuen niederer Stufe dieselbe Gestalt haben, wie die kleinsten oder doch wenigstens keine wesentlich abweichende, lässt darauf schliessen, dass dies auch bei den kleinsten, nicht erkennbaren der Fall ist, dass uns also die Subindividuen wirklich einen Einblick in die Gestalt der kleinsten, den Krystall zusammensetzenden Theile gewähren.

Andererseits lehrt die Einwirkung künstlich hervorgerufener Störungen, dass die an den verletzten Stellen vor sich gehende Neubildung Subindividuen höherer Stufe hervorruft, wodurch die neugebildeten Flächen drusig erscheinen. Da nun die Bildungen an den verletzten Stellen beschleunigter sind, als an

den übrigen, so folgt daraus, dass die Subindividuen höherer Stufe überhaupt das Resultat einer raschern Bildung sind. Damit stimmt auch der Umstand, dass gerade die regelmässigen Verwachsungen und Skelettbildungen Subindividuen höherer Stufe hervortreten lassen, ferner dass bei den Skelettbildungen z. B. des Quarzes die Schalen nach aussen eine scharfe Begrenzung durch die Kanten des Krystalls haben, nach innen dagegen eine mehr unregelmässige, durch Subindividuen niederer Stufe hervorgebrachte; also an den Kanten, wo die Bildung am raschesten vor sich ging, fand eine Entwickelung höherer Stufe, nach innen, wo die Bildung langsamer war, wie die centrale Vertiefung der Flächen beweist, eine Einigung niederer Stufe statt.

Die Subindividuen höherer Stufe sind im Allgemeinen bei den grössern Krystallen häufiger, als bei den kleinern, was man sich auf die Art erklären kann, dass die grössere Masse nicht in allen Theilen gleichmässig auf die umgebende Materie wirken kann, sondern dieselbe nur im Allgemeinen orientirt. Denkt man sich z. B. einen grossen Quarzkrystall, welcher sich fortbildet, so wird der Ansatz neuer Subindividuen an verschiedenen Stellen gleichzeitig stattfinden und zwar besonders an rauhen Stellen und Vertiefungen, an diesen Stellen entstehen dann kleinere Krystalle, welche sich bei ihrer Fortbildung mehr und mehr nähern und mit dem grossen Individuum zu einem Hauptindividuum einigen.

Dies ist jedoch nur bei rascher Bildung möglich, bei langsamer werden sich die Subindividuen niederer Stufe zu Schalen einigen, welche sich nicht vollständig bedecken, so dass gekrümmte Flächen und Kanten entstehen, wie es z. B. die grossen Kalkspathkrystalle von Andreasberg zeigen.

Die Einigung der Subindividuen zu einer homogenen Krystallmasse ist dieselbe, mögen sich nur Subindividuen niederer oder auch solche höherer Stufe bilden. In keinem Falle ist es möglich, unter dem Mikroskop auch bei den stärksten Vergrösserungen die Subindividuen in der homogenen Masse zu erkennen.

4. Anordnung der Subindividuen.

Die Anordnung der Subindividuen untereinander und in Bezug auf das Hauptindividuen beruht auf krystallographischen

Gesetzen, welche durch die krystallographische Bedeutung der tektonischen Axen, Kanten und Flächen bestimmt sind.

1. Tektonische Axen.

Dieselben sind besonders im regulären System beobachtet worden, bei welchem sie in die dreierlei krystallographischen Axen und die Diagonalen der Oktaëderflächen fallen. Theils treten bei einem Mineral nur einerlei, theils zweierlei zugleich auf, wobei die einen jedoch vorherrschen, so dass man 1. und 2. tektonische Axen unterscheiden kann.

a) Einigungen in den Grundaxen.

Die Subindividuen sind zunächst in drei aufeinander senkrechten Richtungen gruppirt, welche sich in einem Punkte schneiden. Durch diese drei Richtungen sind die drei Ebenen der Grundaxen festgelegt, welche als tektonische Ebenen zur Erscheinung kommen, indem zu den Hauptreihen Nebenreihen hinzutreten.

Diese dreierlei tektonischen Ebenen haben ihre parallelen, zwischen denen wieder senkrechte auftreten, wie es Fig. 169 (Bleiglanz) zeigt; in ähnlicher Weise kommt es beim Speiskobalt, gd. Silber, Magneteisen vor, bei letzterm besonders mikroskopisch. Die leeren Räume, welche zwischen den Subindividuen bleiben, hat man mit Maschen verglichen, worauf sich der Name „gestrickt" für diese Verwachsungen bezieht. Die Maschen sind meist mit einer fremden Substanz ausgefüllt, beim Bleiglanz mit gelber Blende oder Schwerspath, beim Silber mit Kalkspath etc. Tritt die Anordnung in den drei aufeinander senkrechten Richtungen weniger hervor, wie es z. B. beim Bleiglanz der Fall sein kann, indem zwar die sämmtlichen Subindividuen einspiegeln, aber keine längern aufeinander rechtwinkligen Reihen zur Erscheinung kommen, sondern in den Axenebenen die Individuen unregelmässig angeordnet sind, so entstehen blumige Gruppirungen.

Bei einem Abschluss der Verwachsungen nach aussen kommen beim Speiskobalt hexaëdrische Kanten, beim gd. Eisen oktaëdrische zur Erscheinung.

Entsprechend der Anordnung nach den Hauptaxen sind die Subindividuen zuweilen pseudoquadratisch ausgebildet, z. B. beim Silberglanz (Fig. 10), die Subindividuen sind dann so angeordnet, dass die Pseudohauptaxen nach den drei auf einander

senkrechten Richtungen liegen. Etwas ähnliches ist beim Rothkupfererz der Fall, bei welchem in der Richtung der Axen die Subindividuen sehr in die Länge gezogen, fasrig sind und in Folge dessen auch mechanische Krümmungen erhalten haben, wodurch die Massen moosförmig erscheinen.

b) Einigungen in den prismatischen Axen (Fig. 171).

Die Reihen der Subindividuen haben bei diesen Einigungen gegen einander eine verschiedene Stellung, je zwei Reihen liegen in einer Ebene, parallel einer Hexaëderfläche, und schneiden sich unter 90°, je drei gleichfalls in einer Ebene, parallel einer Oktaëderfläche, und kreuzen sich unter 60°. Bei Fig. 171 ist diese Art des Baues schematisch dargestellt; Fig. 170 zeigt, wie sie beim gd. Kupfer *), z. B. von Bogolowsk im Ural, vorkommt, wobei nur drei in einer Ebene liegende Richtungen gezeichnet sind. Die Subindividuen zeigen als herrschende Form das Hexaëder, dazu tritt Oktaëder und Dodekaëder. Die Einigung in den prismatischen Axen ist bei einigen eine sehr vollkommene, wodurch die Fig. 13 gezeichneten pseudorhombischen Krystalle entstehen. Wie bei den gestrickten Bildungen kommen auch hier verschiedene, ungleich vertheilte Nebenreihen vor. Geht man von den in einer Oktaëderfläche, als tektonischer Ebene, liegenden Reihen aus, so ragen aus dieser Ebene die andern Reihen unter 60° gegen dieselbe heraus. Eine der Reihen in der tektonischen Ebene herrscht dann gewöhnlich vor und erscheint wie ein Stamm, an welchem die andern Reihen Aeste bilden, worauf sich der Name regelmässig baumförmige Verwachsung bezieht.

Die in einer Ebene der tektonischen Axen liegenden Subindividuen sind in den einzelnen Reihen häufig zwillingsartig gegeneinander gestellt, wobei die Zwillingsebene mit der tektonischen Axenebene zusammenfällt (Fig. 170).

Bei gediegenem Silber und Gold ist die Anordnung dadurch häufig eine regelmässigere, dass die Nebenreihen zurücktreten, die Hauptreihen dagegen direct aneinanderschliessen, so dass an eine Reihe sich beiderseits fiederartig andere Reihen unter 60° anlegen und die fiederartig angelegten Reihen einer Richtung immer nur an einer Seite der mittlern Reihe liegen, sich nicht

---

*) G. Rose, a. a. O. S. 17.

jenseits derselben fortsetzen. Durch Ausfüllung der Zwischenräume entsteht als tektonische Ebene eine Oktaëderfläche, wie es bei den Blechen des Kupfers, Silbers und Goldes der Fall ist. Alle diese Bleche stellen eine Oktaëderfläche dar, in welcher die Subindividuen in den prismatischen Axen mit mehr oder minder hervortretender Regelmässigkeit angeordnet sind.

c) Einigungen in den rhomboëdrischen Axen (Fig. 172)

sind daran erkenntlich, dass sich die Reihen der Subindividuen unter 70° 32′ schneiden, je zwei Reihen liegen in einer Ebene, parallel einer Dodekaëderfläche, diese Ebenen schneiden sich also unter 90° oder 120°. Auch hier reihen sich an einen Hauptstamm fiederartige Nebenstämme an, die beim Chlorkalium *) stets so angeordnet sind, dass der Winkel, welchen die Nebenreihen nach dem Mittelpunkt der Gruppe hin bilden, 70° 32′ beträgt. Bei dem gediegenen Silber von Kongsberg kann man diese Art der regelmässigen Verwachsung beobachten, wobei häufig die Anordnung der Subindividuen nur in einer rhomboëdrischen Axe vor sich geht, wie es Fig. 195 mit hypoparalleler Stellung der Subindividuen zeigt. Durch den Hypoparallelismus erscheint dann die Reihe gekrümmt, und wenn die Subindividuen mehr und mehr zurücktreten, so entstehen haar- und drahtförmige Gestalten, wie es auch zuweilen bei der Tektonik in den prismatischen Axen der Fall ist.

d) Einigungen in den Diagonalen der Oktaëderflächen.

Beim gediegenen Kupfer von Friedrichssegen in Nassau sind Tetrakishexaëderzwillinge von der Form (Fig. 44) nach einer Seitenkante des scheinbaren Hexagondodekaëders verlängert und in dieser Richtung vielfach geeinigt. Zuweilen findet die Einigung nach den drei Diagonalen einer Oktaëderfläche statt, so dass Gruppirungen entstehen, welche mit den regelmässig baumförmigen Aehnlichkeit haben.

Tektonik in 1. und 2. Axen.

Zweierlei tektonische Axen kommen besonders bei den Krystallskeletten, seltener bei den sogenannten regelmässigen Verwachsungen vor. Bei den Krystallskeletten kann man die 1. Axen daran erkennen, dass in ihnen die Einigung eine vollständigere ist und so zusammenhängende tektonische Kanten

*) Knop, a. a. O. S. 16.

entstehen, die 2. daran, dass in ihnen die Subindividuen nicht zu vollkommenen Kanten geeinigt sind, somit die tektonischen Kanten gewissermassen Scheinkanten sind, gebildet von den Endigungen der in den Ebenen der 1. Axen aufgelagerten Schalen.

Bei Fig. 179 bezeichnen somit die Hexaëderkanten die 1. Axen, die verticalen Kanten, welche durch die abwechselnd auf und absteigenden Hexaëderflächen gebildet werden und Dodekaëderkanten darstellen, zeigen die 2. Axen an.

a) Bei den Grundaxen als 1. tektonischen Axen ist das Resultat einer gleichmässigen reihenartigen Anordnung der Subindividuen das Hexaëder, wie es Fig. 181 darstellt, bei welchem durch die Ecken die rhomboëdrischen Axen als zweite Axen bezeichnet sind. Diese treten in ihrer Bedeutung für die Tektonik bei den Skelettbildungen des Steinsalzes *) auf, wo in ihnen und zwar besonders an ihren Endpunkten die Subindividuen hervortreten, während sie nach den Grundaxen in Kanten geeinigt sind.

Beim Bleiglanz von Wisconsin (Fig. 179) gewinnt eine der rhomboëdrischen Axen an Bedeutung, so dass diese Skelettbildung eine pseudorhomboëdrische Symmetrie hat.

Findet dagegen die Gruppirung der Subindividuen in den Grundaxen so statt, dass dieselbe an den Endpunkten der Axen vornehmlich vor sich geht, so entstehen durch eine Verbindung der Endpunkte 2. tektonische Kanten und durch diese sind die prismatischen Axen als 2. Axen bezeichnet.

Bei Fig. 173, welche Flussspath von Tabistock darstellt, sind die an den Endpunkten der Grundaxen liegenden Subindividuen die grössten, die in den Oktaëderkanten liegenden kleiner und die in den Oktaëderflächen liegenden die kleinsten.

b) Bei der Tektonik in den prismatischen Axen sind die Oktaëderkanten die ersten tektonischen Kanten, da sie den prismatischen Axen parallel gehen. Dieselben bilden in den Grundaxen Ecken, so dass diese als 2. Axen auftreten, wie Fig. 178 und 182 des Bleiglanzes zeigt, wo die Auflagerung der Schalen in der Richtung einer Grundaxe vor sich geht und dadurch pseudoquadratische Krystalle entstehen. Es steht immer

*) Knop, a. a. O. S. 16.

auf der Ebene zweier sich rechtwinklig schneidender Axen eine Grundaxe senkrecht.

In ähnlicher Weise ist die Beziehung zu den rhomboëdrischen Axen, indem immer eine derselben senkrecht auf einer Ebene, in welcher drei prismatische Axen liegen, steht. In Folge dessen entsteht eine rhomboëdrische Pseudosymmetrie, wenn die Anordnung der Subindividuen vorzugsweise in einer Oktaëderfläche stattfindet, wie es z. B. beim Alaun der Fall ist, wobei jedoch keine tektonischen Kanten zur Erscheinung kommen, welche den rhomboëdrischen Axen parallel gehen.

c) Die rhomboëdrischen Axen treten selten als tektonische Kanten deutlich auf, nur in einzelnen Fällen sind beim Granat die Dodekaëderkanten als tektonische ausgezeichnet. Verbindet man die einen der zunächst liegenden Endpunkte gleich langer rhomboëdrischer Axen, so kommen Hexaëderkanten zur Erscheinung, also die Grundaxen als 2. tektonische Axen (Fig. 172); verbindet man dagegen drei in einer Ebene liegende Endpunkte, so haben die Verbindungslinien die Lage der prismatischen Axen, da sie in den Diagonalen der Hexaëderflächen liegen, und die Combinationskanten vom Oktaëder und Hexaëder erscheinen als zweite tektonische Kanten. Findet hier die Tektonik vorzugsweise in solchen rhomboëdrischen Axen statt, deren Endpunkte in einer Oktaëderfläche liegen, so entsteht eine rhomboëdrische Pseudosymmetrie, welche grosse Aehnlichkeit mit derjenigen haben muss, bei welcher die prismatischen Axen 1. tektonische Axen sind.

Die tektonischen Axen des quadratischen und hexagonalen Systems lassen sich theoretisch aus denen des regulären Systems ableiten. Darnach bedeuten die Grundaxen und zwei auf einander senkrechte prismatische Axen die Hauptaxe, 1. oder 2. Nebenaxen des quadratischen Systems oder auch die Endkanten der Grundform. Fig. 196 stellt eine regelmässige Verwachsung einer Legirung von Zink und Calcium *) dar, bei welcher die 1. Nebenaxen tektonische Axen sind und die Anordnung der Subindividuen in der durch sie bestimmten Ebene stattfindet.

---

*) G. vom Rath, Poggend. Ann. 136, S. 434.

Im hexagonalen System entsprechen die 1. oder 2. Nebenaxen den prismatischen Axen, welche in einer Oktaëderfläche liegen, die Hauptaxe der darauf senkrechten rhomboëdrischen Axe, die Rhomboëderkanten den Grundaxen. Fig. 200 stellt eine regelmässige Verwachsung des Eisenglanzes *) dar, bei welcher die ersten Nebenaxen tektonische Axen sind und die Anordnung in der Ebene derselben stattfindet; Fig. 203 ist Kalkspath, bei welchem die 2. Nebenaxen und die Hauptaxe tektonische Axen sind; Fig. 206 gleichfalls Kalkspath, mit Vorherrschen einer 1. Nebenaxe als tektonischer Axe, in ähnlicher Weise der Quarz (Fig. 215) mit Hypoparallelismus; Fig. 219 Eisenglanz, in der Hauptaxe hypoparallel angeordnete Subindividuen.

Beim gediegenen Wismuth, dessen Rhomboëder in den Winkeln dem Hexaëder sehr nahe steht, kommen Skelettbildungen vor, welche denen des Bleiglanzes (Fig. 181) vollkommen gleichen, es sind also die Kanten der Grundform die 1. tektonischen Axen und die Eckenaxen die 2.; beim künstlich dargestellten Antimon **) sind die Subindividuen (Rhomboëder) in der Hauptaxe vorwiegend angeordnet, demnächst in den übrigen Eckenaxen des Hauptrhomboëders, so dass im Grossen die Rhomboëderflächen nach innen eingefallen erscheinen.

Die grosse Aehnlichkeit gewisser Verwachsungen des quadratischen und hexagonalen Systems mit solchen des regulären ist der Grund, dass man bei mikroskopischen Verwachsungen aus den tektonischen Axen nicht auf das Krystallsystem mit Sicherheit schliessen kann, was z. B. von den oben S. 193 erwähnten gilt.

In den übrigen Systemen machen sich sowohl die krystallographischen Axen, wie gewisse Kanten als tektonische Axen geltend, beim rhombischen Schwefel und Andalusit (Chiastolith) z. B. die Grundaxen, beim monoklinen Schwefel ***) die Hauptaxe, wobei durch die Zwillingsbildung häufig ein Getäfel

*) G. Rose, Monatsber. d. Kgl. Akad. d. Wissensch. zu Berlin 1869, S. 339.

**) G. Rose, über die Krystallform der rhomboëdrischen Metalle, Abh. der Kgl. Akad. d. Wissensch. in Berlin, 1849, S. 73.

***) Mitscherlich, Abh. der Akad. der Wissensch., Berlin 1827, S. 45.

entsteht; beim Pistazit erscheint vielfach die Nebenaxe *b* als tektonische Axe; beim Adular spielen die Hauptaxe und Nebenaxen *b* oder *a* die Rolle der tektonischen Axen; in ähnlicher Weise ist es beim Albit der Fall; beim Gyps sind Hauptaxe und die Kante des vordern schiefen Prismas tektonische Axen, beim Kupfervitriol (Fig. 227) die Zonenaxen der durch die Flächen *a*, *b*, *'g* und *c*, *g* bestimmten Zonen.

2. Tektonische Flächen.

Bei der Einigung der Subindividuen wurde erwähnt, dass die tektonischen Flächen zweierlei Art sind, je nachdem sie den Ebenen der tektonischen Axen entsprechen und je nachdem sie eine Folge der Anordnung von Subindividuen zwischen den tektonischen Axen sind, also durch die Endpunkte tektonischer Axen bestimmt sind. Die erstern kann man als tektonische Hauptflächen von den letztern, den tektonischen Nebenflächen, unterscheiden.

Die tektonischen Hauptflächen sind dadurch ausgezeichnet, dass in ihnen die Einigung der Subindividuen eine sehr vollkommene ist und dass dieselben zuweilen die Anordnung nach bestimmten Richtungen, den tektonischen Axen, erkennen lassen; dies zeigt die Hexaëderfläche des Flussspaths (Fig. 174). Die tektonischen Axen fallen dann meist mit den Hauptzonenaxen der Subindividuen zusammen, sind also bei dem vorliegenden Beispiel die Grundaxen, bei der Hexaëderfläche des Bleiglanzes (Fig. 175) die prismatischen Axen, bei der Dodekaëderfläche des Granates (Fig. 190) die rhomboëdrischen.

Die tektonischen Nebenflächen sind vorwiegend drusig oder matt, da in ihnen die Einigung der Subindividuen eine weniger vollkommene ist, dies ist bei vielen Oktaëdern des Flussspaths der Fall, z. B. bei den rosenrothen Krystallen aus der Schweiz.

Es ist leicht ersichtlich, dass im regulären System die tektonischen Flächen vornehmlich den drei Endformen, Oktaëder, Hexaëder und Dodekaëder angehören und in ähnlicher Weise auch bei den übrigen Systemen Formen mit den einfachsten Zeichen.

Wie verschiedene tektonische Axen bei einer und derselben Mineralspecies vorkommen können, ist es auch mit den tektonischen Hauptflächen der Fall, so dass man 1. und 2. Hauptflächen unterscheiden kann, von denen die 1. immer vorwiegen.

Beim Flussspath sind die Hexaëderflächen 1., die Oktaëderflächen z. B. von Kongsberg 2. Beim Bleiglanz sind auch Hexaëder- und Oktaëderflächen tektonische Hauptflächen, es lässt sich jedoch hier keiner von beiden der Vorzug geben, da, die prismatischen Axen als die tektonischen Hauptaxen betrachtet, der Mittelkrystall aus der Vereinigung der Endpunkte der Axen hervorgeht, und je nachdem die Grundaxen oder rhomboëdrischen Axen als 2. tektonische Axen vorherrschen, die einen oder andern tektonischen Hauptflächen entstehen.

Allgemeine Betrachtungen über die Anordnung der Subindividuen.

Haüy legte, wie schon oben erwähnt, dem Aufbau der Krystalle die Kernformen zu Grunde, durch deren parallele Einigung dann die substrativen Molecüle entstehen. Für jeden Krystall nahm er zunächst ein substratives Molecül an, an welches sich weitere substrative parallel anlegten, indem sie Schalen bildeten, welche den Kern mehr und mehr umhüllten (Fig. 252 und 253). Die verschiedenen Flächen dachte er sich nun auf die Weise gebildet, dass die aus der Einigung von substrativen Molecülen entstandenen und sich bedeckenden Schalen eine verschiedene Grösse haben, in der Art, dass sie nach aussen kleiner werden (Decrescenzen [decroissements]). Ist z. B. die Kernform ein Hexaëder und die Decrescenzen finden nach den Kanten statt, so kann man sich auf diese Weise alle Formen aus der Kantenzone des Hexaëders entstanden denken, wie die Figuren 252 und 253 zeigen, von denen die erstere die Entstehung von Dodekaëderflächen, die letztere die von Tetrakishexaëderflächen zeigt.

Da die Flächen der Haüy'schen Kernformen ein sehr einfaches Zeichen haben, so sind sie vielfach mit den tektonischen Flächen ident, was immer der Fall ist, wenn nach den tektonischen Flächen die Spaltungsrichtungen gehen, z. B. beim Bleiglanz, Hexaëder, bei der Blende, Dodekaëder etc. In sehr vielen Fällen jedoch fallen die Spaltungsrichtungen und tektonischen Flächen nicht zusammen, beim Flussspath z. B. sind die 1. tektonischen Hauptflächen Hexaëderflächen, die Spaltungsflächen dagegen Oktaëderflächen, welche nur in seltenen Fällen als tektonische Flächen eine Rolle spielen. Während die Spaltungsflächen eine für jedes Mineral charakteristische Eigenschaft

sind, so hängen die tektonischen Flächen und Axen noch von den die Bildung der Krystallisation begleitenden Umständen ab.

Ein weiterer Unterschied der Haüy'schen Betrachtungsweise ist der, dass derselbe nur eine um einen Kern stattfindende lamellare Anordnung der Molecüle annahm, nicht eine reihenförmige in tektonischen Axen.

5. Regelmässige Verwachsungen verschiedener Mineralien.

Die einfachste Art regelmässiger Verwachsungen verschiedener Mineralien oder krystallisirender Substanzen überhaupt, ist die isomorpher. Derartige Verwachsungen erklären sich leicht daraus, dass ein Krystall in die Mutterlauge einer isomorphen Substanz gelegt auf die Art der Anlagerung der Subindividuen in gleicher Weise wirkt, wie ein Krystall derselben Substanz, wovon man sich leicht beim Alaun überzeugen kann (vgl. S. 223.) G. Rose*) beschreibt Kaliglimmer von Schaitansk im Ural, welcher mit einem schmalen Saum von Lithionglimmer umgeben ist.

Es wurde oben gezeigt, dass die Fortbildung der Krystalle auch durch Bildung von Subindividuen höherer Stufe erfolgen kann; in gleicher Weise können auf einem Krystall sich auch Subindividuen höherer Stufe einer isomorphen Substanz bilden, welche sich durch ihre verschiedene Beschaffenheit von dem unterliegenden Krystall als selbstständige Subindividuen abheben.

So kommen bei Neudorf am Harz Hauptrhomboëder des Eisenspaths vor, auf deren Flächen Kalkspathkrystalle von der Combination des 1. stumpfern Rhomboëders und 1. Prismas in der Weise aufgewachsen sind, dass die Hauptaxen beider Mineralien zusammenfallen. Da nun die Grundformen verschiedene Winkel haben, so fallen die Flächen derselben, also die Spaltungsflächen des Kalkspaths mit denen des Eisenspaths nicht genau in eine Ebene und stehen hypoparallel gegeneinander.

Kalkspathkrystalle, z. B. von Schemnitz in Ungarn sind häufig mit parallel oder wenig hypoparallel gestellten Rhomboëderchen von Braunspath bedeckt, welche eine zusammenhängende Hülle bilden, unter welcher der Kalkspath zuweilen aus-

---

*) G. Rose, Monatsber. der Kgl. Akad. der Wissensch. in Berlin, 19. April 1869.

wittert. Der Braunspath stellt dann Pseudomorphosen nach Kalkspath dar, sog. Verdrängungspseudomorphosen.

In ähnlicher Weise kommen auch Mineralien, welche in verschiedene Systeme gehören, aber eine sehr ähnliche Formenentwickelung besitzen, regelmässig verwachsen vor. Zunächst sind es Mineralien einer Familie, z. B. Orthoklas und Albit *), welche chemisch vollkommen analog constituirt sind. Es fallen die Hauptaxen und Längsflächen der beiderlei Krystalle zusammen, wie es auf Fig. 233 dargestellt ist, so dass die Flächen des Orthoklases, die Längsfläche ausgenommen, mit den entsprechenden des Albits hypoparallel sind. So kommt fleischrother Orthoklas mit Albit, Adular mit Periklin regelmässig verwachsen vor. Der Albit bildet meist eine Hülle um den Orthoklas, indem sich lauter kleine Individuen zu einer zusammenhängenden Schale einigen, so bei der Horizontalprojection (Fig. 234). Derartige Bildungen finden sich bei den Orthoklasen aus den Graniten von Striegau, Hirschberg, Baveno etc. Von krystallotektonischer Bedeutung ist dabei, dass nicht alle Flächen des Orthoklases gleichmässig mit Albitkrystallen bekleidet sind, sondern dass dies vorzüglich mit den Flächen aus der Verticalzone der Fall ist. Bemerkenswerth ist ferner, dass auch auf Bruchflächen von Orthoklasen Albitkrystalle regelmässig aufgewachsen sind, ein Beweis, dass nicht die äussere Form allein, sondern die krystallisirte Substanz überhaupt auf die Anordnung der Subindividuen des Albits von Einfluss ist. In den Graniten erscheint zuweilen der Orthoklas von einer Oligoklaszone umgeben, besonders schön in dem sog. Rappakivi von Viborg in Finland.

Umgekehrt kommen im Pfitschthal in Tirol Periklinkrystalle vor, auf denen Adulare aufsitzen, was auch zuweilen bei klaren Albiten der Fall ist.

Ein weiteres Beispiel liefert die regelmässige Verwachsung von ein- und zweiaxigem Glimmer *), von denen der erstere rhombisch, der letztere hexagonal ist, aber beide in sechsseiti-

---

*) W. Haidinger, Sitzungsber. der K. K. Akad. d. Wissensch. zu Wien, B. I, 1848 und Poggend. Ann. 58, S. 471, L. v. Buch, Kgl. Akad. der Wissensch. zu Berlin 1826.

**) G. R. a. a. O. S. 244.

gen Tafeln krystallisiren. Die beiderlei Krystalle haben eine gemeinsame Endfläche und auch hier scheinen die Hauptaxen zusammenzufallen, vielleicht auch die Längsfläche mit einer Fläche des hexagonalen Prismas, so dass die Flächen der seitlichen Begrenzung sämmtlich oder theilweise hypoparallel sind. Gewöhnlich umgiebt der einaxige (dunkle) Glimmer den zweiaxigen (hellen), z. B. bei Glimmer im Granit vom Capellenberge bei Schönberg im Sächsischen Voigtlande, von Alstead in New-Hampshire etc.

Die Verwachsungen von Krystallen mit ähnlicher Form dehnen sich auch auf Mineralien aus, welche nicht einer Familie angehören und zum Theil ganz verschiedene chemische Constitution haben. So kommt nach G. Rose bei Magnet Cove in Arkansas Pennin mit zweiaxigem Glimmer regelmässig verwachsen vor, in Pennsylvanien einaxiger Glimmer mit Eisenglanz.

Während bei den eben beschriebenen Verwachsungen die Form der Mineralien eine sehr ähnliche, das System dagegen ein verschiedenes ist, so kommen auch umgekehrt Verwachsungen von Mineralien vor, welche bei verschiedener Formenentwickelung demselben Krystallsystem angehören.

Hierher sind die regelmässigen Verwachsungen von Augit und Hornblende zu rechnen, welche Mineralien chemisch eine gleiche Constitution haben. Auf Augitkrystallen, z. B. von Arendal in Norwegen, sitzen Hornblendekryställchen mit parallelen Axen, und aus dem Verhalten der Endigung von regelmässig verwachsenen durch Sublimation gebildeten Hornblenden und Augiten vom Vesuv ergiebt sich nach G. vom Rath *), dass man das schiefe Prisma der Grundform beim Augit als ein vorderes zu betrachten hat, nicht, wie bisher geschehen, als ein hinteres.

Malakon (verwitterter Zirkon) kommt bei Hitteröe mit dem gleichfalls quadratisch krystallisirenden Xenotim in paralleler Verwachsung vor, obgleich beide Mineralien keine chemische Verwandtschaft haben; aber die Abweichungen in den Winkeln der Grundform sind nicht bedeutend.

Auch bei chemisch ganz verschiedenen Mineralien

---

*) G. vom Rath, Poggend. Ann. Ergänzungsb. VI. S. 232.

kommen sogar regelmässige Verwachsungen von Krystallen verschiedener Systeme vor. Eine derartige Verwachsung von Fahlerz und Kupferkies*) findet darin ihre Erklärung, dass das Grundtetraëder des Kupferkieses nur wenig von dem regulären Tetraëder des Fahlerzes abweicht. Die Axen des Kupferkieses fallen mit denen des Fahlerzes zusammen, so dass die Tetraëderflächen des Kupferkieses gegen die des Fahlerzes ein wenig hypoparallel sind. Gewöhnlich herrscht bei diesen Verwachsungen das 1. spitzere Oktaëder des Kupferkieses und kleine Kupferkieskryställchen bilden auf Tetraëdern des Fahlerzes z. B. von der Zilla bei Clausthal eine mehr oder minder zusammenhängende Hülle (Fig. 231). Umgekehrt kommen bei Neudorf am Harz Fünflinge des Kupferkieses vor, bei welchen auf jedes der Individuen Tetraëder des Fahlerzes aufgesetzt, zum Theil auch eingewachsen sind. Demzufolge stehen die Fahlerztetraëder auch nahezu in Zwillingsstellung, jedoch nicht genau (Fig. 232).

Der trikline, säulig ausgebildete Cyanit kommt mit Staurolith regelmässig verwachsen vor, sehr schön im Glimmerschiefer vom Monte Campione am St. Gotthard. Von den beiderlei Krystallen fallen die Hauptaxen zusammen, ferner die Längsfläche des Staurolith mit der breitesten Fläche des Cyanit, der Hauptspaltungsfläche, während die übrigen Flächen aus der verticalen Zone der beiderlei Krystalle sehr von einander abweichen. Bei Cyanit und Staurolith ist die Formenähnlichkeit eine sehr geringe, so dass diese Verwachsung schon den Uebergang zu solchen bildet, bei denen die beiderlei Krystalle eine ganz verschiedene Form haben.

Zunächst kommen Verwachsungen eines und desselben Stoffes, das heisst Krystalle verschiedener heteromorpher Zustände vor, z. B. des Kalkkarbonates. Bei Offenbanya sind Drillinge des Aragonit**) in Kalkspath umgeändert. Die Kalkspathkrystalle haben die Form des Skalenoëders ($a : \frac{1}{2}a : \frac{1}{3}a : c$) und sind Zwillinge nach dem Gesetz, Zwillingsaxe die Normale einer Fläche des 1. spitzern Rhomboëders, Zusammensetzungs-

---

*) A. Sadebeck, Ueber Fahlerz etc. a. a. O. S. 54.
**) G. Rose, Poggend. Ann. Band 91. S. 147.

fläche senkrecht darauf, so dass eine schärfere Endkante von beiden Individuen zusammenfällt. Diese Kante liegt parallel der längern Diagonale der Endflächen der einzelnen Individuen des Aragonits (Fig. 237).

Nach Haidinger*) kommen auch regelmässige Verwachsungen von Markasit und Eisenkies vor. Ferner sind sehr verwandt diejenigen des Barytocalcits und Kalkspaths, wobei der letztere auf dem erstern aufsitzt. Hierbei sind die Winkel der Spaltungsflächen nahezu übereinstimmend, beim Kalkspath 105° 5′, beim Barytocalcit 106° 54′.

Schliesslich kommen noch Verwachsungen chemisch verschiedener Stoffe mit ganz verschiedener Form vor, hierher gehören diejenigen des Quarzes und Kalkspaths; bei Schneeberg in Sachsen**) (Fig. 235) liegen Quarzkrystalle der gewöhnlichen Form auf den Flächen des 1. stumpfern Rhomboëders mit einer Fläche des Gegenrhomboëders so auf, dass die horizontale Combinationskante dieser Fläche mit 1. Prisma parallel der horizontalen Diagonale der Rhomboëderfläche des Kalkspaths zu liegen kommt und die Endpunkte der Hauptaxen der beiderlei Krystalle einander zugekehrt sind. Auf diese Weise wird durch die Flächen des Hauptrhomboëders des Quarzes ein dem 1. stumpfern Rhomboëder des Kalkspaths gleiches Rhomboëder gebildet, zu welchem die Prismenflächen als spitzere Rhomboëder hinzutreten, während die Flächen des Gegenrhomboëders einspringende Winkel bilden.

Die drei Quarzindividuen haben das Aussehen eines Drillings, für welchen sich aber kein Zwillingsgesetz ableiten lässt, es sind also nur Pseudozwillinge in Folge der regelmässigen Verwachsung mit Kalkspath. Etwas complicirter sind ähnliche Verwachsungen von Reichenstein***) in Schlesien, bei denen auf jeder Rhomboëderfläche des Kalkspaths noch ein 2. Individuum des Quarzes aufsitzt, welches gegen das 1. um 180° gedreht erscheint. Die Prismenflächen beider Individuen schneiden sich

*) W. Haidinger, Handbuch der bestimmenden Mineralogie, Wien 1845, S. 281.

**) A. Frenzel und G. vom Rath, Poggend. Ann., Jubelb. S. 17.

***) Eck, Zeitschr. d. Deutsch. geol. Ges. 1866, S. 426.

in einer einspringenden Kante, welche in der horizontalen Diagonale der Rhomboëderfläche des Kalkspaths liegt.

Zwei auf einer Rhomboëderfläche derartig aufsitzende Quarzindividuen sind mithin nach dem Gesetz verbunden, Zwillingsebene eine Fläche des Hauptrhomboëders, Zusammensetzungsfläche senkrecht darauf; denn die beiderseitigen Rhomboëderflächen fallen in eine Ebene, indem sie beide auf einer Fläche des 1. stumpfern Rhomboëders des Kalkspaths aufliegen.

Ein ferneres Beispiel liefern die auf Eisenglanz regelmässig aufgewachsenen Rutilkrystalle*). Fig. 236 stellt eine Eisenglanztafel vom Berge Cavradi in der Schweiz dar mit Rutilkrystallen nach drei verschiedenen Richtungen, indem dieselben auf der geraden Endfläche senkrecht gegen die den Combinationskanten mit dem 1. stumpfern Rhomboëder parallelen Streifen liegen. Sie ruhen mit einer Fläche des 2. Prismas auf und eine Fläche des 1. stumpfern Oktaëders ist nahezu parallel einer Hauptrhomboëderfläche. Da die einzelnen Rutilkrystalle mit ihren Hauptaxen 60° gegen einander geneigt sind, so stehen sie nahezu in Zwillingsstellung nach dem Gesetz, Zwillingsaxe die Normale einer Fläche des 1. stumpfern Oktaëders, wobei die Hauptaxen sich unter 65° 35′ kreuzen würden.

Allgemeine Betrachtungen über die Krystallotektonik.

Wie der Zoologe und Botaniker in neuerer Zeit sich nicht mit der Beschreibung der Organismen begnügt, sondern die Entwickelungsgeschichte der organischen Welt von den kleinsten erkennbaren Theilen ausgehend zu erforschen bemüht ist, also an Stelle der ältern rein beschreibenden Naturwissenschaft eine erklärende setzt, so ist es auch die Aufgabe des Krystallographen die Krystalle nicht nur als fertige Naturkörper zu betrachten, sondern in den einzelnen Stadien ihrer Entwickelung zu erforschen und daraus allgemeine Gesetze für die Krystallotektonik abzuleiten. Um die Gesetze der Krystallotektonik eines Minerals oder einer krystallisirten Substanz überhaupt festzustellen, muss man zunächst die Gestalt der Subindividuen ermitteln, indem man theils die Oberfläche der Krystalle einem genauen

*) G. vom Rath, Zeitschr. d. Deutsch. geol. Ges. Bd. XIV. S. 413 und Poggend. Ann. Bd. 152, S. 21.

Studium unterwirft, theils durch Aetzung den oberflächlichen Zusammenhang der Subindividuen löst. Aus der Gestalt der Subindividuen ergeben sich dann leicht die tektonischen Haupt- und Nebenzonen. Aus der Erscheinungsweise der Subindividuen auf den verschiedenen Krystallflächen erkennt man, in welchen Flächen hauptsächlich die Einigung der Subindividuen stattgefunden hat, das heisst die tektonischen Hauptflächen. Treten auf den tektonischen Hauptflächen nicht selbst schon bestimmte Richtungen auf, in denen die Anordnung der Subindividuen vor sich gegangen ist, also tektonische Axen, so muss man unvollkommene Krystalle und besonders regelmässige Verwachsungen daraufhin untersuchen und wenn es möglich ist, experimentell verschiedene Entwickelungsstadien darstellen. Die tektonischen Axen fallen häufig mit den Axen der tektonischen Hauptzonen zusammen, z. B. beim Bleiglanz sind die prismatischen Axen die Axen der Hauptzonen und in ihren Ebenen findet hauptsächlich die Anordnung der Subindividuen statt, so dass der Mittelkrystall die häufigste Form ist. Bei den meisten Flussspathkrystallen haben die Grundaxen eine ähnliche tektonische Bedeutung.

Auch die verschiedenen Pseudosymmetrieen sind für die Tektonik wichtig, da die Richtungen, nach denen sie stattfinden, nur dadurch hervortreten können, dass die Anlagerung der Subindividuen vorzugsweise nach ihnen vor sich ging.

Die rhomboëdrische Pseudosymmetrie beim Bleiglanz (Fig. 183) bezeichnet eine Tektonik in der Ebene von drei, sich unter 60° schneidenden prismatischen Axen; die quadratische Pseudosymmetrie eine Tektonik in der Richtung einer Hauptaxe, welche beim Bleiglanz auch in Beziehung zu den prismatischen Axen steht, da die Auflagerung der Schalen vorzugsweise in Oktaëderflächen vor sich geht (Fig. 182).

Stellt man bei einem Mineral alle auf die Tektonik bezüglichen Erscheinungen zusammen, so werden meist mehrere Arten tektonischer Axen hervortreten, von denen jedoch die eine vorherrscht. Diese Erscheinung erklärt sich leicht aus der verschiedenen Bildungsart der Krystalle. Die Bestimmung der tektonischen Axen wird dann eine naturgemässe Abgrenzung der für den Mineralogen so wichtigen Krystalltypen ermöglichen.

Die Art und Weise der Tektonik übt einen wesentlichen

Einfluss auf die physikalischen Eigenschaften der Krystalle, besonders auf die optischen aus.

In der directesten Beziehung zur Tektonik stehen eigenthümliche Lichterscheinungen auf den Flächen, welche durch Aetzung oder schwaches Anfeilen zur Erscheinung kommen und den Namen Brewster'sche Lichtfiguren erhalten haben, da sie Brewster *) zuerst ausführlicher beschrieben hat. Diese Figuren sieht man **), wenn man in einem sonst dunklen Raume das Licht einer Kerzenflamme steil auf die Krystallfläche fallen lässt, es erscheinen dann Lichtstrahlen, welche von dem Bilde der Kerzenflamme ausstrahlen. Auch bei durchfallendem Licht kann man diese Strahlen beobachten, wenn man von der betreffenden Fläche einen Hausenblasenabdruck macht.

Sehr leicht kann man diese Figuren auf schwach angeätzten Oktaëderflächen des Alauns sehen; es sind hier Lichtstrahlen, welche vom Mittelpunkt der Flächen nach den Ecken verlaufen, die Strahlen stehen also senkrecht auf den Combinationskanten der Flächen der Subindividuen (Triakisoktaëder) und der Oktaëderfläche, mithin senkrecht auf den Axen der tektonischen Hauptzonen. Eine ähnliche Beziehung zwischen den Lichtstrahlen und der Gestalt der Subindividuen findet auch bei andern Krystallen statt, z. B. des Kalkspaths. Auch auf Flächen, welche äusserlich eingeschaltete Zwillingslamellen erkennen lassen, erscheinen senkrecht gegen dieselben die Lichtstreifen, z. B. auf den Rhomboëderflächen des Kalkspaths, wenn nach den Flächen des 1. stumpfern Rhomboëders Zwillingslamellen vorhanden sind. Demnach scheint die Lichterscheinung an das Auftreten paralleler Streifensysteme gebunden zu sein, weshalb sie auch Babinet als Gittererscheinung erklärte.

Wenn man Systeme engstehender Linien auf eine glatte Kupferplatte einschneidet oder auf eine mit Silber oder Kupfer belegte Glasplatte radirt, so sieht man die Lichtstreifen senk-

---

*) Edinbourgh Transactions Vol. XIV, 1837 und Philosophical Magazine 1853; zu gleicher Zeit mit Brewster hat Babinet, Poggend. Ann. Bd. 41 und später Volger, Sitzungsber. der Wiener Akad. Bd. XIX. 1856, diese Figuren beschrieben.

**) v. Kobell, Sitzungsber. d. K. Bayr. Akad. d. Wissensch. 1862, B. I, S. 199 und Haushofer a. a. O. S. 167.

recht gegen die Streifensysteme. Da nun bei verschiedenartigen Aetzungen auch verschieden gestaltete Subindividuen zur Erscheinung kommen, so erklärt es sich leicht, dass auch verschiedene Brewster'sche Lichtfiguren zu beobachten sind. Es können die Figuren eine sehr complicirte Gestalt haben, wie die von Brewster beschriebenen zum Theil zeigen; beim Alaun z. B. treten zwischen den drei Hauptstreifen noch Nebenstreifen auf, welche senkrecht gegen Combinationationskanten des Oktaëders mit Hexakisoktaëdern stehen.

Diese Lichtstreifen beruhen auf der Gestalt der Subindividuen und kommen durch die Einigung derselben zur Erscheinung.

Bei hypoparalleler Stellung der Subindividuen werden die Streifen unregelmässiger sein und können auch ganz verschwimmen.

Die Brewster'schen Lichtfiguren werden von manchen Autoren unter dem Namen „Asterismus" mit solchen Lichtfiguren vereinigt, welche durch regelmässig eingeschaltete fremdartige Krystalle oder vollkommenere Einigung in tektonischen Ebenen hervorgerufen werden.

Die Einwirkungen der Art und Weise der Krystallotektonik auf das Auftreten und die Lage der optischen Axen gehört in das Gebiet der physikalischen Krystallographie.

Zonenlehre.

Die Zonen kommen bei den Krystallen durch parallele Kanten äusserlich direct zur Erscheinung; solche, bei denen dies nicht der Fall ist, nennt man versteckt. Derartige versteckte Zonen kann man theils durch Rechnung, theils durch graphische Darstellung ermitteln. Unter den graphischen Darstellungen ist besonders zur Klärlegung der Zonenverbände die Linearprojection geeignet, welche zuerst von Neumann*) im Allgemeinen angegeben, später von G. Rose**) im Speziellen angewendet und von Quenstedt***) ausführlicher bearbeitet wurde, weshalb sie auch den Namen Quenstedt'sche Projection erhalten hat.

Im Folgenden soll zunächst diese Linearprojection in ihren Hauptzügen dargestellt und dann an der Hand derselben eine kurze Uebersicht der Hauptzonenverbände in den einzelnen Systemen gegeben werden.

1. Linearprojection.

a) Ausführung der Projection.

Man lege alle Flächen eines Krystalls durch einen Punkt, den Scheitelpunkt, wobei immer je zwei parallele Flächen in eine Ebene, die Reductionsebene, zusammenfallen, welche sich unbegrenzt im Raume fortsetzt. Diese Reductionsebenen lässt man dann von einer beliebigen Ebene, der Projectionsebene, schneiden.

Jede Reductionsebene, welche der Projectionsebene nicht parallel ist, muss dieselbe in einer geraden Linie, der Sectionslinie, schneiden. Legt man bei einem Quadratoktaëder sämmtliche Flächen durch den Endpunkt der Hauptaxe als Scheitelpunkt, so stellen die vier an diesem Endpunkt liegenden Flächen

---

*) Neumann, Beiträge zur Krystallonomie, Berlin 1823.

**) G. Rose, Poggend. Ann. Band 12, S. 483.

***) Quenstedt, Methode der Krystallogr., Tübingen 1840.

die vier Reductionsebenen dar; nimmt man nun die Ebene der Nebenaxen als Projectionsebene, so bezeichnen die Seitenkanten die Sectionslinien; die Projectionsfigur ist demnach ein Quadrat, dessen Seiten man über die Ecken hinaus beliebig ausdehnen kann (Fig. 238). Wendet man dasselbe Verfahren auf die Combination eines quadratischen Prismas mit der geraden Endfläche an, so werden die Reductionsebenen der Prismenflächen sich in der Hauptaxe unter 90° scheiden, deren Sectionslinien mithin in der Projectionsebene als zwei aufeinander senkrechte Linien erscheinen; die gerade Endfläche dagegen wird durch keine Sectionslinie bezeichnet, da sie der Projectionsebene parallel ist.

Sämmtliche in einer Zone liegende Reductionsebenen schneiden sich in einer geraden Linie, der Zonenaxe, von der sie fächerartig ausstrahlen. Die Zonenaxen können die Projectionsebene schneiden oder ihr parallel gehen. Im erstere Falle trifft die Zonenaxe die Projectionsebene in einem Punkt, dem Zonenpunkt, von welchem die sämmtlichen Sectionslinien, deren Reductionsebenen in die betreffende Zone gehören, ausgehen; so wird ein hexagonales Prisma auf die gerade Endfläche projicirt 3 Sectionslinien darstellen, welche mit den Nebenaxen zusammenfallen. Ist dagegegen die Projectionsebene der Zonenaxe parallel, so rufen sämmtliche Reductionsebenen auf der Projectionsebene unter sich parallele Sectionslinien hervor, der Zonenpunkt liegt dann im Unendlichen; projicirt man also die Reductionsebenen eines hexagonalen Prismas auf eine Fläche des 2. Prismas, so erhält man drei parallele Linien, projicirt man sie dagegen auf eine Fläche desselben Prismas, so erhält man natürlich nur zwei parallele Linien. Daraus ergiebt sich, dass durch alle Punkte, in denen sich zwei Linien schneiden, sowie durch die Richtungen von allen Linien in einer Projectionsfigur Zonen bezeichnet sind.

Man kann demnach in der Projectionsfigur des Quadratoktaëders (Fig. 238) 6 Zonen herauslesen; 4 sind durch die Zonenpunkle a und 2 durch die Richtungen der Sectionslinien, wie die Pfeile a' angeben, dargestellt; für die erstern sind die Endkanten des Oktaëders Zonenaxen; für die letztern gehen die Zonenaxen den Seitenkanten parallel. Dass es zur Erkennung der Zonen nicht auf die Wahl der Projectionsebene ankommt, erkennt man leicht, wenn man das Quadratoktaëder auf eine be-

liebige Ebene projicirt, welche schief gegen die gerade Endfläche geneigt ist. Man erhält dann die Fig. 240, welche sämmtliche Zonen als Zonenpunkte hervortreten lässt, da nun die Projectionsebene den Zonenaxen der Seitenkantenzonen nicht mehr parallel ist. Projicirt man auf eine Oktaëderfläche selbst, so erhält man natürlich nur 3 Sectionslinien, von denen sich je zwei schneiden, die 6 Zonen sind dann durch Zonenpunkte und durch die Richtungen der Sectionslinien bezeichnet (Fig. 243).

b) Anwendung der Projectionen zur Bestimmung der krystallographischen Zeichen von Flächen.

Wählt man als Scheitelpunkt der Projection den Endpunkt einer Axe und als Projectionsebene die Ebene der andern Axen, so werden diese letztern von den verschiedenen Sectionslinien in bestimmten Verhältnissen geschnitten, ausser von den Sectionslinien, welche durch den Kreuzungspunkt der Axen gehen (vgl. Fig. 239). Diese Abschnitte der horizontalen Axen geben direct die Axenabschnitte der betreffenden Reductionsebenen auf die verticale Axe als Einheit bezogen an. Fig. 239 stellt eine derartige Projection des regulären Systems dar, bei welcher *a* die horizontalen Axen sind, die Sectionslinien *o* schneiden diese Axen in einfacher Entfernung, mithin ist das Zeichen der betreffenden Reductionsebenen $(a : a : a)$ = Oktaëder; die Sectionslinie $^1/_2 o$ schneidet die horizontalen Axen im Verhältniss von $2a : 2a$, das Zeichen der betreffenden Reductionsebene ist mithin $(a : 2a : 2a) = (^1/_2 a : a : a)$; 4 Sectionslinien *d* haben das Axenverhältniss $(a : \infty a)$, ihre Reductionsebenen $(a : a : \infty a)$ sind also Dodekaëderflächen.

Die Sectionslinien, die durch den Kreuzungspunkt der Axen gehen, gehören Reductionsebenen an, welche in die Zone der aufrecht gestellten Axe gehören, diese mithin in unendlicher Entfernung schneiden. Um ihre Beziehungen zu den horizontalen Axen zu ermitteln, muss man sie durch den Endpunkt einer derselben legen. Führt man dies mit den durch den Mittelpunkt gehenden Sectionslinien *d* bei Fig. 239 aus, so sieht man sofort, dass dieselben die horizontalen Axen in dem Verhältniss von $(a : a)$ treffen, das Zeichen ihrer Reductionsebenen ist mithin $(a : a : \infty a)$; die Sectionslinien *a*, welche mit den horizontalen Axen zusammenfallen, stellen Reductionsebenen mit dem Zeichen $(a : \infty a : \infty a)$ dar, also Hexaëder. Umgekehrt kann man natür-

lich leicht die Sectionslinien aller Flächen, deren Zeichen man kennt, in die Projectionsfigur eintragen.

Flächen, deren Zeichen man nicht kennt, lassen sich dann eintragen, wenn sie zwei Zonen angehören, welche in der Projectionsebene durch Zonenpunkte oder einen Zonenpunkt und die Richtung einer Sectionslinie vorhanden sind, so dass man auf diese Weise leicht und sicher ihr Zeichen ermitteln kann, wie die folgenden Beispiele zeigen.

Zirkon von Fredriksvärn in Norwegen (Fig. 241).

Die starken Linien in der Projection (Fig. 241 a) bezeichnen die Nebenaxen, die Verbindungslinien ihrer Endpunkte sind mithin die Sectionslinien des Hauptoktaëders *o*, sie selbst stellen die Sectionslinien des zweiten Prismas dar, während diejenigen des 1. Prismas denen des Oktaëders parallel durch den Mittelpunkt gehen. Die Sectionslinien des dreifach spitzern Oktaëders $3o = (a : a : 3c) = (1/3\, a : 1/3\, a : c)$ müssen die Nebenaxen in $1/3$ ihrer Länge schneiden. Das Zeichen des Dioktaëders *x* ist nicht bekannt, dagegen zwei Zonen, wie sich aus der Betrachtung der schiefen Projection Fig. 241 ergiebt.

Die Combinationskanten o/x gehen den Endkanten des Hauptoktaëders parallel, fallen also in die durch die Endkanten des Hauptoktaëders bezeichneten Zonen, deren Zonenpunkte die Endpunkte der Axen *a* sind. Ferner gehen die Kanten x/x parallel den Kanten $x/_{3}o$, die Flächen *x* fallen also auch in die Entkantenzonen des dreifach spitzern Oktaëders mithin in die Zonenpunkte $1/3\,a$; jedoch fällt jede Fläche *x* in die Endkante von $3o$, welche in einem andern verticalen Hauptschnitt liegt, als die Endkante des Hauptoktaëders, deren Zone sie auch angehört. Man erhält also die Sectionslinien der Dioktaëderflächen, wenn man je zwei Zonenpunkte *a* und $1/3\,a$, welche nicht in einer Linie liegen, verbindet, wie es in der Figur durch die gestrichelten Linien geschehen ist; als Zeichen des Dioktaëders ist auf diese Weise als $(a : 1/3\,a : c)$ gefunden.

Apatit vom St. Gotthard (El. I. Fig. 151). In der Projection (Fig. 244) stellt das Axenkreuz die Sectionslinien des verticalen Hauptprismas dar und die Verbindungslinien der Axenendpunkte sind die Sectionslinien der Flächen der Grundform *r*. Jede Fläche $2d$ bildet mit den benachbarten Flächen

der Grundform Kanten, welche ihren Combinationskanten mit dem Prisma parallel gehen, sie fällt also in zwei Zonen, deren Zonenpunkte zwei abwechselnde Endpunkte der Nebenaxen a sind. Durch die Verbindung dieser Punkte erhält man die Sectionslinien, welche ablesen lassen, dass die Flächen $2d$ dem Hexagondodekaëder 2. Ordnung $(a : {}^1/_2 a : a : c) = (2\,a : a : 2\,a : 2c)$ angehören.

Da ferner $2r$ mit parallelen Kanten zwischen der Grundform und dem 1. verticalen Prisma liegt, muss es ein spitzes Hexagondodekaëder 1. Ordnung sein und da keine 2. sichtbare Zone vorhanden ist, muss man durch Messung eines Winkels aus der bekannten Zone sein Zeichen $= (a : \infty\, a : a : 2\,c)$ ermitteln und kann dann seine Sectionslinien in die Projectionsfigur eintragen.

Von s sind zwei Zonen bekannt, die eine geht von einer Fläche des verticalen Hauptprismas über eine Fläche $2r$ des nächsten Sextanten nach $2d$, so dass ${}^1/_2 a$ der Zonenpunkt ist; die andere Zone von der im nächsten Sextanten liegenden Prismenfläche über $2d$ nach r, so dass der Zonenpunkt der Endpunkt einer Axe ist, welche mit der Axe, in der der erste Zonenpunkt liegt, sich unter 120° schneidet. Verbindet man nun die beiden Zonenpunkte, so kann man das Zeichen $(a : {}^1/_2 a : {}^1/_3 a : c)$ ablesen.

Die Flächen s gehören nach der parallelflächigen Hemiëdrie des Apatit einem Hexagondodekaëder 3. Ordnung an und man ersieht aus der Projectionsfigur sogleich, dass die Flächen rechts von denen der Grundform liegen.

Gerade Abstumpfungen von Kanten, deren Flächen bekannt sind, liegen krystallographisch fest, ihre Sectionslinien lassen sich jedoch nur unter der Bedingung direct in die Projectionsfigur eintragen, dass die, die abgestumpfte Kante bildenden Flächen gegen die Projectionsebene eine gleiche Neigung haben. Da die Abstumpfungsfläche senkrecht auf der Fläche steht, welche den Kantenwinkel halbirt, so muss ihre Sectionslinie auch senkrecht auf der Sectionslinie der Halbirungsfläche stehen. Schneidet dagegen die Projectionsebene die beiden Flächen der Kante verschieden, so wird die Sectionslinie der Halbirungsfläche der Kante den Winkel der Sectionslinien der

Flächen nicht halbiren und die Sectionslinie der Abstumpfungsfläche auf ihr nicht senkrecht stehen.

Die Sectionslinien solcher gleichnamiger Flächen, welche die Projectionsebene unter gleichen Winkeln schneiden, werden auch gleiche Abschnitte auf den Axen in der Projectionsebene hervorrufen, also gegen die Axen symmetrisch stehen müssen, so dass, wenn sie sich in einem Zonenpunkt schneiden, derselbe von zwei Axen oder deren Zwischenaxen in der Projectionsebene gleich weit entfernt ist (vergl. Fig. 241 a).

Die Zonenpunkte müssen dann also in den Axen oder Zwischenaxen der Projectionsebene liegen, weshalb man sie auch Axen- oder Zwischenaxenzonenpunkte nennen kann. Die Normalen auf den Axen oder Zwischenaxen in den Zonenpunkten sind dann die Sectionslinien der geraden Abstumpfungen solcher Flächen, deren Sectionslinien in den betreffenden Zonenpunkten zu einander eine symmetrische Lage haben.

So erhält man im regulären System, wenn man in den Axenzonenpunkten des Oktaëders Normalen auf den Axen errichtet (Fig. 239), die ein Quadrat bildenden Sectionslinien der geraden Abstumpfungen der Endkanten des Oktaëders, also Sectionslinien des Dodekaëders. Errichtet man auf den Zwischenaxenzonenpunkten dieser Sectionslinien Normalen auf den Zwischenaxen, so erhält man Linien wie $^1/_2\, o$, welche Flächen mit dem Zeichen $(a : 2a : 2a)$ angehören. Daraus ersieht man, dass die Flächen des Ikositetraëders $(a : a : {}^1/_2\, a)$ die geraden Abstumpfungen der Dodekaëderkanten bilden. Man kann sich weiter leicht überzeugen, dass die Kanten dieses Ikositetraëders selbst wieder von Flächen des Tetrakishexaëders $(a : 2a : \infty\, a)$ gerade abgestumpft werden u. s. w.

Aus dem im Mittelpunkt des Axenkreuzes liegenden Zonenpunkt ersieht man, dass die Dodekaëderflächen die Kanten des Hexaëders gerade abstumpfen und umgekehrt die Hexaëderflächen die verticalen Kanten eines pseudoquadratisch ausgebildeten Dodekaëders.

Sind die Sectionslinien zweier gegen die Projectionsebene gleich geneigten Reductionsebenen untereinander parallel, so gehören sie den Flächen eines horizontal liegenden Prismas an und es stellt die Projectionsebene die gerade Abstumpfungsfläche der an der verticalen Axe liegenden Kanten dar, wäh-

rend die Sectionslinie der Abstumpfungsflächen der andern Kanten durch den Mittelpunkt, parallel den Sectionslinien geht. Bei Fig. 239 ist die als Projectionsebene dienende Hexaëderfläche die gerade Abstumpfungsfläche je zweier in den Endecken einander gegenüberliegender Oktaëderflächen. Die Abstumpfungen der horizontalen Kanten des Oktaëders müssen durch den Mittelpunkt parallel je zwei parallelen Sectionslinien des Oktaëders gehen, also in die Lage der prismatischen Axen kommen, die Linien *d*. Legt man diese Linien parallel durch den Endpunkt einer Axe, so ergiebt sich als Zeichen ihrer Reductionsebenen $(a : a : \infty\, a)$ = Dodekaëderflächen.

In ähnlicher Weise, wie im regulären System verhält es sich im quadratischen und hexagonalen, während im rhombischen Zonenpunkte mit symmetrisch liegenden Sectionslinien nur in den Grundaxen vorkommen können (Fig. 242a), im monoklinen System nur in der *a* Axe (Fig. 245*a*) und im triklinen System gar nicht vorhanden sind (Fig. 246*a*). Im rhombischen System bildet jedes verticale Prisma die gerade Abstumpfung der horizontalen Kanten eines bestimmten Oktaëders, so dass man die Sectionslinien des Prismas erhält, wenn man durch den Mittelpunkt der Projection parallele Linien zu den Sectionslinien des betreffenden Oktaëders zieht.

Aus dem Vorhergehenden erhellt, dass man aus einer Projection auch umgekehrt gewisse gerade Abstumpfungen als solche herauslesen kann, so muss in Fig. 245*a* die Sectionslinie x einer Fläche angehören, welche die durch die Flächen *o* gebildete Kante gerade abstumpft.

Schiefe Abstumpfungen und Zuschärfungen von Kanten erfordern die Messung eines Winkels in der bekannten Zone. Man kann dann den gefundenen Winkel direct in die Projectionsfigur eintragen, wenn er in einer Zone liegt, welche auf der Projectionsebene senkrecht steht.

Bei geraden Abstumpfungen von Ecken muss man die Zonen ermitteln, in welche die Combinationskanten gehören, bei schiefen Abstumpfungen und Zuspitzungen muss man, wenn nur eine Zone bekannt ist, einen Winkel aus dieser Zone messen.

Beispiele:

Topas vom Schneckenstein in Sachsen, Horizontalprojection Fig. 242. Das Verhältniss der Axen ist $a : b : c =$

0.5539 : 1.0492 : 1, darnach sind in der Linearprojection Fig. 242*a* die Axen *a* und *b* abgemessen. Der Rhombus, welchen man durch die Verbindung der Endpunkte der Axen erhält, bezeichnet dann die Sectionslinien des Grundoktaëders *k* und die diesen Linien parallelen, durch den Mittelpunkt gehenden Linien sind die Sectionslinien des verticalen Hauptprismas *M*. Die Flächen des verticalen Prismas *l* kann man in ihrer Beziehung zum Hauptprisma leicht durch eine Messung bestimmen, ihr Zeichen ist $(a : {}^1/_2\, b : \infty\, c)$.

Die Flächen *n* sind die Flächen des Hauptlängsprismas $(\infty\, a : b : c)$, da sie die gerade Abstumpfung der rechten und linken Kanten des Grundoktaëders bilden, ihre Sectionslinien liegen also an den Endpunkten der *b* Axe parallel der *a* Axe; in gleicher Weise lassen sich die Flächen des Hauptquerprismas *i* leicht projiciren. Von jeder Fläche *o* sind zwei Zonen bekannt, die eine Zone ist bestimmt durch eine seitliche Kante der Grundform als Zonenaxe, also durch die Richtung einer Sectionslinie der Grundform; die zweite Zone durch einen Zonenpunkt, in welchem sich eine Sectionslinie des Hauptlängs- und Querprismas schneiden. Legt man nun durch diese vier Punkte Linien parallel den Sectionslinien der Grundform, so schneiden dieselben die *a* und *b* Axe in doppelter Länge; das Zeichen für *o* ist also $(2a : 2b : c)$. Das Oktaëder *s* hat auch denselben basischen Hauptschnitt, wie das Grundoktaëder, eine zweite Zone ist bestimmt durch den Parallelismus der Combinationskante mit dem Hauptlängsprisma und des letztern mit einer Fläche des verticalen Prismas *l* auf der entgegengesetzten Seite der *b* Axe; man lege also durch die Zonenpunkte dieser Zone Linien parallel den Sectionslinien der Grundform, diese Linien schneiden die Axen *a* und *b* in dreifacher Länge, das Zeichen von *s* ist dann $(3a : 3b : c)$. Es erübrigt nun noch die Flächen des Oktaëders *x* festzulegen; die eine Zone ist bestimmt durch die Kante *o*/*n*, die andere ist die Zone der vordern, resp. hintern Endkante des Oktaëders *s*, deren Zonenpunkt in $3a$ liegt. Verbindet man diesen Zonenpunkt mit dem erstern, so ergiebt sich aus den Sectionslinien für das Oktaëder das Zeichen $(3a : {}^3/_2\, b : c)$.

Orthoklas (Fig. 245) liefert ein schönes Beispiel für das monokline System, da die Flächen sämmtlich durch Zonenverbände verknüpft sind, so dass man aus der Grundform alle

übrigen ohne jegliche Rechnung ableiten kann. Nimmt man, wie es in dem I. Theil der Elemente geschehen ist, die Hauptspaltungsfläche P als Basis c, die Flächen T als verticales Hauptprisma und als Grundform die Flächen des hintern schiefen Prismas o, so erhält man die Zeichen der übrigen Flächen, wenn man sie auf die Basis projicirt. Durch Rechnung findet man das Verhältniss der Axen $a : b : c = 1.185 : 1.879 : 1$. Man zeichne nun die a und b Axe sich rechtwinklig unter dem gegebenen Verhältniss schneidend, wie es bei Fig. 245a geschehen ist, so bezeichnet a die Längsfläche (M), b die Querfläche und die Verbindungslinien von a' mit den beiden Endpunkten von b sind die Sectionslinien des hintern schiefen Prismas der Grundform o; diesen parallel und durch den Mittelpunkt gehen die Sectionslinien des verticalen Hauptprismas T.

Die Fläche x stumpft die Kante o/o gerade ab und da die Sectionslinien o in dem Axenzonenpunkt a' symmetrisch liegen, so ist die Sectionslinie der geraden Abstumpfungsfläche die Normale auf a im Punkte a', das Zeichen der Fläche x mithin $(a' : \infty\, b : c)$.

Die Flächen n gehören einem basischen Prisma an, ihre Sectionslinien gehen mithin der a Axe parallel, die zweite Zone ist o/T, aber so, dass die Flächen o und T (vorn) auf derselben Seite des durch a/c gelegten Hauptschnittes liegen, das Zeichen ist $(\infty\, a : {}^1/_2\, b : c)$.

Die Sectionslinie der vordern schiefen Endfläche t ist durch die vordern Zonenpunkte n/T festgelegt, ihr Zeichen mithin $({}^1/_2\, a : \infty\, b : c)$; y ist eine hintere schiefe Endfläche, ihre Sectionslinie geht also auch der b Axe parallel, die zweite Zone fällt in die hintern Zonenpunkte n/T, so dass das Zeichen $({}^1/_2\, a' : \infty\, b : c)$ ist. Zwischen y und M liegen zwei hintere schiefe Prismen u und v; u liegt noch in der Zone o/P, das Zeichen ist $({}^1/_2\, a' : {}^1/_2\, b : c)$; v hat als zweite Zone $n/T/t$, $({}^1/_2\, a' : {}^1/_4\, b : c)$. Schliesslich bestimmt sich das verticale Prisma z durch die Zone v/o als $(a : {}^1/_3\, b : \infty\, c)$.

Axinit (Fig. 246). Wählt man als Projectionsebene die Fläche M, so kann man zunächst die Sectionslinien der nahezu auf M rechtwinkligen Zone eintragen, in welche P, l, v, u gehören, von denen die Kante $P/l = 151^0$, $v/u = 147^0$ und $P/u = 151^0$ misst, so dass man nach diesen Winkeln die sich in

einem Punkt schneidenden Sectionslinien verzeichnen kann (Fig. 246a). Betrachtet man nun die Sectionslinie l als bAxe, nimmt diese in beliebiger Länge an und legt durch ihren Endpunkt b die Linie $r \| P$, so trifft diese die Sectionslinie v in dem Punkte a, welchen man als vordern Endpunkt der aAxe annehmen kann.

Die Zeichen der Flächen sind nun folgende:

$P = (a : b : \infty c)$
$u = (a : b' : \infty c)$
$v = (\infty a : b : \infty c)$
$l = (a : \infty b : \infty c)$
$r = (a : b : c)$, wozu sich rechts
$x = (a : b' : c)$ gesellt.

Die übrigen Flächen sind nun sämmtlich durch Zonen bestimmt:

s	liegt	in	r/u	und	P/x,	mithin	$(^1/_2 a : \infty b : c)$
y	„	„	M/v	„	P/x	„	$(\infty a : {^1/_2} b' : c)$
w	„	„	P/u	„	y/r	„	$(a : {^1/_3} b : \infty c)$
n	„	„	M/w	„	v/r	„	$(a : {^1/_3} b : c)$
r'	„	„	P/r	„	l/x	„	$(a' : b' : c)$
o	„	„	M/w	„	y/r'	„	$(2a' : {^2/_3} b' : c)$
n'	„	„	v/r'	„	P/y	„	$(a' : {^1/_3} b' : c)$
m	„	„	y/w	„	n'/v	„	$(a' : {^1/_5} b' : c)$
σ	„	„	P/s	„	l/r	„	$(^1/_3 a : b : c)$.

Bei Zwillingen kann man mit Hülfe der Linearprojection leicht ermitteln, welches Zeichen die Flächen des einen Krystalls auf das Axenkreuz des andern bezogen haben. Als Beispiel möge der gewöhnliche Oktaëderzwilling (Fig. 25) dienen. Stellt man ein Oktaëder mit einer prismatischen Axe (also einer Oktaëderkante) vertical und projicirt es auf die horizontale Dodekaëderfläche, so erhält man die bei Fig. 247 mit o bezeichneten Sectionslinien des Oktaëders; die Linie a ist dann die in der Projectionsebene liegende Grundaxe, p die auf dieser senkrechte prismatische Axe. Fällt man nun von dem untersten Zonenpunkt auf die Linie $o/\underline{o}$ (die Sectionslinie der Zwillingsebene) eine senkrechte, verlängert diese um sich selbst und verbindet ihren Endpunkt mit dem Mittelpunkt, so erhält man die Sectionslinie der verticalen Reductionsebene des zwillingsartig verbundenen Oktaëders, die mit der Zwillingsebene

nicht zusammenfällt. Legt man eine ihr parallele Linie durch den Endpunkt der a Axe, so wird die horizontale prismatische Axe p in fünffacher Länge geschnitten. Das Zeichen der durch diese Sectionslinie dargestellten Reductionsebene ist also $(a : 5p : \infty p)$, auf die Grundaxen bezogen $(a : 5a : 5a) = (a : a : {}^1/_5 a)$. Da es gleich ist, welche Oktaëderkante man vertical stellt, so folgt daraus, dass sämmtliche Oktaëderflächen eines Individuums des Zwillings auf die Axen des andern bezogen, Flächen des Ikositetraëders $(a : a : {}^1/_5 a)$ angehören, mit Ausnahme der der Zwillingsebene parallelen.

2. Zonenverbände.

1. Reguläres System*).

Es giebt vier Hauptzonen, welche bestimmt sind durch die dreierlei krystallographischen Axen und die Diagonalen der Oktaëderflächen als Zonenaxen.

1) Zonen der Grundaxen. Da es drei Grundaxen giebt, muss es auch drei solcher Zonen geben, in jede derselben gehören:

4 Flächen des Hexaëders $(a : \infty a : \infty a)$,

8 Flächen der verschiedenen Tetrakishexaëder $(a : ma : \infty a)$,

4 Flächen des Dodekaëders $(a : a : \infty a)$.

Die Flächen, die in einer dieser Zonen liegen, haben alle in ihrem Zeichen wenigstens ein ∞a.

Die Projection (Fig. 248) stellt die Flächen dieser Zonen auf eine Hexaëderfläche projicirt dar. Zwei Zonen sind dann bestimmt durch die Richtungen der horizontalen Axen, welche zugleich die Sectionslinien des Hexaëders sind; das Dodekaëder erscheint in jeder dieser beiden Zonen als zwei Sectionslinien, die Tetrakishexaëder als vier, von denen die der an den Endpunkten der verticalen Axe liegenden Flächen ausserhalb der Sectionslinien des Dodekaëders, die der an den horizontalen Axen liegenden innerhalb derselben sich befinden. Die der dritten Zone angehörigen Sectionslinien gehen sämmtlich durch den Mittelpunkt.

2) Zonen der prismatischen Axen oder was auf das-

*) Klein, N. Jahrb. für Mineral. etc. 1872 S. 122.

selbe hinauskommt der Oktaëderkanten; es giebt sechs solcher Zonen, in jeder derselben liegen:

1) 2 Flächen des Dodekaëders ($a : a : \infty a$),

2) 4 „ der verschiedenen Triakisoktaëder ($a : {}^1/_m a : {}^1/_m a$),

3) 4 „ des Oktaëders ($a : a : a$),

4) 4 „ der verschiedenen Ikositetraëder ($a : a : {}^1/_m a$),

5) 2 „ des Hexaëders ($a : \infty a : \infty a$).

Alle Flächen haben in ihrem Zeichen zwei Axen mit gleichem Coëfficienten.

In der Projectionsfigur (Fig. 249) erscheinen 4 Zonen als Zonenpunkte, es sind dies die Endpunkte der Grundaxen, also Axenzonenpunkte, zwei Zonen sind bestimmt durch die Richtungen der Sectionslinien des Oktaëders.

3) Zonen der rhomboëdrischen Axen oder auch der Dodekaëderkanten; es giebt vier solcher Zonen, in jeder derselben liegen:

1) 6 Flächen des Ikositetraëders ($a : a : {}^1/_2 a$),

2) 12 Flächen der verschiedenen Tetrakisdodekaëder ($a : \frac{1}{m-1} a : \frac{1}{m} a$) (s. El. I S. 31),

3) 6 Flächen des Dodekaëders ($a : a : \infty a$).

In der Projectionsfigur (Fig. 250) erscheinen alle vier Zonen als Zonenpunkte und zwar als Zwischenaxenzonenpunkte in den prismatischen Axen. Von den Tetrakisdodekaëdern ist ($a : {}^1/_2 a : {}^1/_3 a$) eingetragen, dessen Sectionslinien die horizontalen Axen im Verhältniss von ${}^1/_2 : {}^1/_3$ oder ${}^3/_2 : 3$ oder ${}^2/_3 : 2$ schneiden.

Das allgemeine Zeichen für sämmtliche Flächen dieser Zone ist das der Tetrakisdodekaëder *).

---

*) Beweis. Die Gleichung jedes Punktes ist $\frac{x}{a} + \frac{y}{b} = 1$; in dieser Gleichung ist x und y = 1, a = m und b unbekannt, also $\frac{1}{m} + \frac{1}{b} = 1$;

$$\frac{1}{b} = 1 - \frac{1}{m}$$

$$b = \frac{m}{m-1};$$

die drei Axenabschnitte verhalten sich mithin wie

$$m : \frac{m}{m-1} : 1$$

$$1 : \frac{1}{m-1} : \frac{1}{m}.$$

4) Zonen der Diagonalen der Oktaëderflächen, Diagonalzonen des Oktaëders.

Es giebt 12 solcher Zonen und in jeder derselben liegen:

1) 2 Flächen des Dodekaëders $(a : a : \infty a)$,

2) 4 „ der Hexakisoktaëder $(a : \frac{1}{m-2}a : {}^1/_m a)$ (vgl. El. I S. 32),

3) 4 „ des Ikositetraëders $(a : a : {}^1/_3 a)$,

4) 4 „ der Hexakisoktaëder $(a : \frac{2}{m-1} a : {}^1/_m a)$

5) 4 „ des Tetrakishexaëders $(a : {}^1/_2 a : \infty a)$,

6) 4 „ der Hexakisoktaëder $(a : \frac{2}{m+1} a : {}^1/_m a)$ (vgl. El. I S. 32),

7) 2 „ des Oktaëders $(a : a : a)$.

Aus der Projectionsfigur (Fig. 251), welche nur einen Quadranten angiebt, ist ersichtlich, dass 4 Zonen als Zwischenaxenzonenpunkte in der Mitte der Sectionslinien des Oktaëders erscheinen, deren senkrechter Abstand von beiden Grundaxen $^1/_2$ beträgt, die 8 übrigen gleichfalls als Zonenpunkte, deren Normalen auf die Axen die Länge a und $2a$ haben.

Geht man von der in dem Zwischenaxenzonenpunkte liegenden Sectionslinie des Dodekaëders aus nach den Sectionslinien des Ikositetraëders $(a : a : {}^1/_3 a)$, so ist das Zeichen der dazwischen liegenden Hexakisoktaëder $(a : \frac{1}{m-2} a : {}^1/_m a)$ *).

Von der Sectionslinie des Ikositetraëders gelangt man zu der des Tetrakishexaëders über Hexakisoktaëder $(a : \frac{2}{m-1} a : {}^1/_m a$**).

---

*) Beweis. Die Gleichung des Zwischenaxenzonenpunktes ist: $\frac{1}{2a} + \frac{1}{2b} = 1$.

Die Axe a wird von den Hexakisoktaëdern zwischen o und -1 geschnitten, es ist also $a = -\frac{1}{n}$,

mithin
$$-\frac{n}{2} + \frac{1}{2b} = 1$$
$$b = \frac{1}{n+2}$$

Daraus folgt das allgemeine, nach der Länge der Axen geordnete Zeichen $(a : \frac{1}{n} a : \frac{1}{n+2} a)$. Setzt man die kleinste Axe $= {}^1/_m a$, also $n+2 = m$, so erhält man: $(a : \frac{1}{m-2} a : \frac{1}{m} a)$.

**) Beweis. Die Axe a wird in grösserer Entfernung als in der Einheit geschnitten, also $a = -n$,

mithin
$$-\frac{1}{2n} + \frac{1}{2b} = 1$$
$$b = \frac{n}{2n+1}.$$

Für die Sectionslinien der Hexakisoktaëder zwischen denen des Tetrakishexaëders ($a:2a:\infty a$) und Oktaëders ist das allgemeine Zeichen ($a:\frac{2}{m+1}a: {}^1/m\, a$) *). Hierher gehört ausser ($a: {}^1/_2\, a: {}^1/_3\, a$) noch ($a: {}^1/_3\, a: {}^1/_5\, a$), von welchem 2 Sectionslinien schon zwischen Dodekaëder und Ikositetraëder liegen, so dass von diesem Hexakisoktaëder 4 Sectionslinien = 8 Flächen in jede Zone gehören.

Ausser diesen 4 Hauptzonen giebt es noch eine ganze Anzahl von Nebenzonen, welche man aus den Projectionsfiguren leicht herauslesen kann.

2. Quadratisches System.

Die Hauptzonen des quadratischen Systems sind die durch die Symmetrie des Systems veränderten Zonen des regulären Systems. Die beste Uebersicht der Zonenverbände erhält man durch Projectionen auf die Ebene der Nebenaxen. Die Zonen der Grundaxen zerfallen hier in zwei:

1) Zone der Hauptaxe, in dieser Zone liegen die Flächen der verticalen Prismen, die Sectionslinien müssen sämmtlich durch den Mittelpunkt gehen, da c in unendlicher Entfernung geschnitten wird.

2) Zonen der ersten Nebenaxen; es giebt zwei solcher Zonen. Hierher gehören alle Formen 2. Ordnung und die gerade Endfläche, die Sectionslinien gehen sämmtlich den Nebenaxen parallel, die des 2. Prismas fallen mit ihnen zusammen, alle Flächen haben in ihrem Zeichen ein ∞a. Es sind die Seitenkantenzonen der Oktaëder 2. Ordnung.

Die Zonen der prismatischen Axen zerfallen gleichfalls in zwei Zonen.

Axenverhältniss: $(na:a:\frac{n}{2n+1}\,a) = (a:\frac{1}{n}\,a:\frac{1}{2n+1}\,a)$ und wenn $m = 2n+1$, $(a:\frac{2}{m-1}\,a:\frac{1}{m}\,a)$.

*) Beweis, a ist $= n$, mithin:

$$\frac{1}{2n} + \frac{1}{2b} = 1$$

$$b = \frac{n}{2n-1.}$$

Axenverhältniss $(na:a:\frac{n}{2n-1}\,a) = (a:\frac{1}{n}\,a:\frac{1}{2n-1}\,a)$ und wenn $2n-1 = m$, $(a:\frac{2}{m+1}\,a:\frac{1}{m}\,a)$.

3) Zonen der 2. Nebenaxen, Seitenkantenzonen der Grundform, zwei Zonen. In diese Zonen fallen alle Formen 1. Ordnung und die gerade Endfläche; die Sectionslinien gehen den 2. Nebenaxen parallel, die des 1. Prismas fallen mit ihnen zusammen. Alle Flächen, die hierher gehören, haben in ihrem Zeichen beide Nebenaxen mit gleichem Coëfficienten.

4) Zonenaxen die Endkanten der Grundform, Endkantenzonen der Grundform, vier Zonen, in welche folgende Formen gehören:

1) 1. stumpferes Oktaëder $(a : \infty a : c)$,

2) Dioktaëder $(a : na : c)$ oder $(a : {}^1/_{n}a : c)$,

3) Grundform $(a : a : c)$,

4) 2. Prisma $(a : \infty a : \infty c)$.

Alle Flächen, mit Ausnahme des 2. Prismas schneiden zwei Axen im Verhältnisse von $a : c$. Die Sectionslinien gehen sämmtlich durch die Zonenpunkte, in denen sich die Sectionslinien der Grundform schneiden (vgl. Fig. 241 *a*).

Aehnliche Endkantenzonen, wie von der Grundform, können von allen übrigen Quadratoktaëdern 1. Ordnung ausgehen. Es liegen dann in den Zonen immer die Flächen des 1. stumpfern Oktaëders des betreffenden, seine Flächen selbst und alle Dioktaëder, welche mit ihm ein gleiches Verhältniss von $a : c$ haben, sowie die Flächen des 2. Prismas.

Die Zonen der rhomboëdrischen Axen sind hier

5) die durch die Endkanten des 1. stumpfern Oktaëders bestimmten Zonen, also die Endkantenzonen des 1. stumpfern Oktaëders.

Es sind vier, in welche folgende Flächen gehören:

1) 1. stumpferes Oktaëder $(a : \infty a : c)$,

2) Dioktaëder $(\frac{1}{m-1} a : {}^1/_{m}\ a : c)$,

3) 2. stumpferes Oktaëder $(a : a : {}^1/_{2}c)$,

4) 1. Prisma $(a : a : \infty c)$.

Die hierher gehörigen Flächen schneiden, wenn man $c = 1$ setzt, eine 2. Nebenaxe in doppelter Entfernung, mit Ausnahme derer des 1. Prismas, dessen Flächen diesen Axen parallel gehen.

Die Sectionslinien gehen sämmtlich durch die Zonenpunkte, welche von den Sectionslinien des 1. stumpfern Oktaëders gebildet werden und da diese Punkte die Sectionslinien des 2.

stumpfern Oktaëders halbiren, so kann man die Zonen auch als Diagonalzonen des 2. stumpfern Oktaëders bezeichnen.

In ähnlicher Weise giebt es auch Endkantenzonen der übrigen Oktaëder 2. Ordnung, welche dann immer mit den Diagonalzonen des betreffenden nächsten stumpfern Oktaëders zusammenfallen. Demnach sind auch die Enkantenzonen des 1. spitzern Oktaëders dieselben, wie die Diagonalzonen der Grundform. In diese fallen sämmtliche Flächen, welche bei Einheit der Hauptaxe die 2. Nebenaxen in einfacher Entfernung schneiden (Fig. 241*a*). Die übrigen 8 Diagonalzonen des regulären Systems, welche schiefen Diagonalen der Flächen entsprechen, bilden hier keine besondere Art von Zonen.

6) Zonen der Seitenkanten von Dioktaëdern, 4 Zonen, in welche alle Dioktaëder und achtseitigen Prismen, welche die Nebenaxen in einem gleichen Verhältniss schneiden, fallen.

3. Hexagonales System.

Bei den holoëdrischen Formen haben die Zonenverbände grosse Aehnlichkeit mit denen im quadratischen System.

1) Zone der Hauptaxe, in dieser Zone liegen die Flächen der verschiedenen verticalen Prismen, also alle Flächen, welche in ihrem Zeichen ∞c haben und deren Sectionslinien durch den Mittelpunkt gehen.

2) Zonen der ersten Nebenaxen, Seitenkantenzonen der Grundform, es giebt drei solcher Zonen, in welche die Flächen der Formen 1. Ordnung, sowie die gerade Endfläche gehören. Die Sectionslinien gehen den Nebenaxen parallel, die der Prismenflächen fallen in dieselben, die Flächen haben, wenn $c = 1$, in ihrem Zeichen das Verhältniss der Nebenaxen von $a : a : \infty a$.

3) Zonen der zweiten Nebenaxen, Seitenkantenzonen der Hexagondodekaëder 2. Ordnung, es sind auch 3 Zonen, in welche die Flächen der Formen 2. Ordnung gehören. Die Sectionslinien gehen den 2. Nebenaxen parallel und die Flächen haben in ihrem Zeichen das Verhältniss der Nebenaxen $(2a : a : 2a)$, wenn $c = 1$ ist.

4) Zonen der Endkanten der Grundform, 6 Zonen, in welche folgende Flächen gehören:

1) *s* 1. stumpfern Hexagondodekaëders $(2a : a : 2a : c)$,

2) *r* Dihexagondodekaëder $\left(a : \frac{1}{m-1} a : {}^1/m a : c\right)$,

3) der Grundform $(a : a : \infty a : c)$,

4) des 1. Prismas $(a : \infty a : a : \infty c)$.

Alle Flächen, mit Ausnahme derer des Prismas schneiden 2 Axen im Verhältniss von $a : c$. Die Zonenpunkte liegen in den Endpunkten der 1. Nebenaxen.

Aehnliche Endkantenzonen, wie von der Grundform, können auch von allen übrigen Hexagondodekaëdern 1. Ordnung ausgehen.

5) Zonen der Endkanten des 1. stumpfern Hexagondodekaëders, es giebt auch hier 6 solcher Zonen, in welche gehören:

1) 2. stumpferes Hexagondodekaëder $(a : \infty a : a : {}^1/_2 c)$,

2) Dihexagondodekaëder,

3) 1. stumpferes Hexagondodekaëder,

4) 2. Prisma.

Die hierher gehörigen Flächen schneiden bei einfacher Hauptaxe eine 2. Nebenaxe (b) in ${}^4/_3$, mit Ausnahme der Prismenflächen; Zonenpunkte sind mithin die Punkte ${}^4/_3 b$ (El. I Taf. IX Fig. 5). Man kann diese Zonen auch als Diagonalzonen des 2. stumpfern Hexagondodekaëders bezeichnen, wie überhaupt alle Diagonalzonen eines Hexagondodekaëders mit den Endkantenzonen seines 1. spitzern zusammenfallen.

6) Zonen der Seitenkanten von Dihexagondodekaëdern, jedes Dihexagondodekaëder hat 6 solcher Zonen und in jede derselben gehören alle Flächen von Dihexagondodekaëdern und zwölfseitigen Prismen, welche die Nebenaxen in einem gleichen Verhältniss schneiden.

Bei den rhomboëdrisch-hemiëdrischen Formen (El. I Taf. IX Fig. 6) erleiden die Zonen einige Veränderungen durch die Hemiëdrie.

1) In der Zone der Hauptaxe liegen dieselben Flächen, wie bei den holoëdrischen Formen.

2) In den Zonen der 1. Nebenaxen liegen ausser 1. Prisma und Endfläche die Flächen sämmtlicher Rhomboëder, sowohl 1. wie 2. Stellung.

3) Die Zonen der 2. Nebenaxen stimmen mit denen der holoëdrischen Formen überein.

4) In die Kantenzonen des Hauptrhomboëders fallen

1) seine eigenen Flächen,
2) die seines 1. stumpfern Rhomboëders,
3) die seiner Endkantenskalenoëder,
4) die seiner Seitenkantenskalenoëder,
5) die des 2. hexagonalen Prismas.

Wie das Hauptrhomboëder hat jedes andere Rhomboëder seine Kantenzonen, welche immer mit den Diagonalzonen seines 1. stumpfern zusammenfallen. Auch die Seiten- und Endkantenzonen der Skalenoëder fallen immer in Kantenzonen von Rhomboëdern.

5) Die Zwischenzonen sind wieder gleich denen der holoëdrischen Formen.

Rhombisches System.

Die Hauptzonen im rhombischen System lassen sich leicht aus denen im quadratischen System ableiten. Es können zunächst die dreierlei krystallographischen Axen Zonenaxen sein.

1) In die Zone der Hauptaxe gehören die Flächen der verticalen Prismen, Quer- und Längsfläche; alle mit ∞c im Zeichen, Zonenpunkt der Mittelpunkt.

2) In die Zone der aAxe fallen die Flächen der Längsprismen, die Längs- und Querfläche, alle mit ∞a im Zeichen, so dass die Sectionslinien sämmtlich der aAxe parallel laufen oder mit ihr zusammenfallen.

3) In die Zone der bAxe gehören die Flächen der Querprismen, Quer- und Endfläche, alle haben ∞b im Zeichen und ihre Sectionslinien sind der bAxe parallel oder fallen mit ihr zusammen.

Drei weitere Zonen sind bestimmt durch die Kanten der Grundform als Zonenaxen.

4) Seitenkantenzonen der Grundform, es sind zwei mit den Flächen:

1) der Grundform $(a : b : c)$,
2) des verticalen Hauptprismas $(a : b : \infty c)$,
3) der Rhombenoktaëder $(a : b : mc)$,
4) der geraden Endfläche $(\infty a : \infty b : c)$.

Alle hierher gehörigen Flächen haben ein gleiches Verhält-

niss der Axen a und b, die Sectionslinien gehen sämmtlich der Verbindungslinie der Nebenaxen parallel.

5) Zonen der vordern und hintern Endkante der Grundform, in diese zwei Zonen gehören:

1) die Grundform selbst $(a : b : c)$,
2) die Rhombenoktaëder $(a : mb : c)$,
3) Hauptquerprisma $(a : \infty b : c)$,
4) Längsfläche $(\infty a : b : \infty c)$.

Alle Flächen haben ein gleiches Verhältniss der Axen a und c, ihre Zonenpunkte sind die Endpunkte der a Axe.

6) Zonen der seitlichen Endkanten der Grundform, hierher gehören:

1) die Grundform selbst $(a : b : c)$,
2) die Rhombenoktaëder $(ma : b : c)$,
3) Hauptlängsprisma $(\infty a : b : c)$,
4) die Querfläche $(a : \infty b : \infty c)$.

Alle Flächen haben ein gleiches Verhältniss der Axen b und c, ihre Zonenpunkte sind die Endpunkte der b Axe.

Aehnliche Zonen sind durch die Endkanten der verschiedenen Rhombenoktaëder bestimmt, deren sämmtliche Zonenpunkte Axenzonenpunkte sind.

Weitere Zonen liegen so, dass ihre Zonenpunkte in den Sectionslinien des verticalen Hauptprismas liegen; besonders ausgezeichnet sind die vier Zonen, deren Zonenaxen die Combinationskanten des Quer- und Längsprismas sind, also die Zonen, welche den Endkantenzonen des 1. stumpfern Oktaëders im quadratischen System entsprechen.

Schliesslich können auch in den Sectionslinien der übrigen verticalen Prismen Zonenpunkte liegen.

Monoklines System.

Die Veränderungen, welche die Zonen des monoklinen Systems durch die Schiefwinkligkeit der Axen gegenüber denen des rhombischen Systems erleiden, sind folgende:

1) Da die Grundform sowie jedes monokline Oktaëder viererlei Kanten hat, sind durch jedes monokline Oktaëder auch vier Zonen bestimmt, durch ein Rhombenoktaëder nur drei; die vordern und hintern Endkantenzonen sind verschieden, je nachdem ihre Zonenpunkte in a oder a' liegen.

2) Die Zonenpunkte in den Sectionslinien der verticalen

Prismen zerfallen gleichfalls in vordere und hintere, so dass in diesem System höchstens 2 gleiche Zonen vorhanden sind, während im rhombischen noch vier gleiche Zonen vorkamen.

Diese Verhältnisse treten besonders deutlich bei den Projectionen auf die Basis hervor, z. B. bei der des Orthoklases (Fig. 245).

Triklines System.

Die allgemeine Lage der Zonen ist hier dieselbe, wie im monoklinen System, jedoch giebt es nicht zwei gleiche Zonen, sondern nur einzelne, wie aus der Projectionsfigur des Axinits (Fig. 246*a*) ersichtlich ist.

Erklärung der Tafeln.

Abkürzungen: Zw. = Zwillinge. Dwz. = Durchwachsungszwillinge. Awz. = Aneinanderwachsungszwillinge. Zusfl. = Zusammensetzungsfläche. Zweb. = Zwillingsebene.

Tafel I.

Ausbildung der Krystalle.

Hemimorphe Krystalle.

Fig. 1. Turmalin von Arendal, S. 5.
Fig. 2. Turmalin von Kaeringsbricka in Schweden, S. 5.
Fig. 3. Turmalin von Schaitansk im Ural, S. 6.
Fig. 4. Weinsaures Kali, S. 7.
Fig. 5. Kieselzinkerz von Bleiberg in Kärnten, S. 6 und 7. *)
Fig. 6. Kieselzinkerz von Altenberg bei Aachen, S. 6, 7. *)
Fig. 7. Linksweinsäure, S. 7, 8.
Fig. 8. Rechtsweinsäure, S. 7, 8.
Fig. 9. Struvit von Hamburg, S. 7.

Pseudosymmetrieen.

Fig. 10. Bleiglanz von Gonderbach, pseudoquadratisch, S. 14.
Fig. 11. Salmiak, pseudoquadratisches Trapezoëder, S. 14, 15.
Fig. 12. Salmiak, pseudoquadratisches Trapezoëder, hemimorph, S. 15.
Fig. 13. Ged. Kupfer von Bogoslowsk im Ural, pseudorhombisch, S. 17.
Fig. 14. Spinell von Ceylon, Oktaëder, pseudorhombisch, S. 17.
Fig. 15. Flussspath von Zschoppau, Pseudo-Skalenoëder, S. 16.
Fig. 16. Bleiglanz von Gonderbach, pseudorhomboëdrisch, S. 16.
Fig. 17. Chlorkalium, Pseudorhomboëder, S. 16.
Fig. 18. Spinell von Ceylon, Oktaëder, S. 19.
Fig. 19. Meionit vom Vesuv, pseudomonoklin, S. 20.
Fig. 20. Quarz aus der Schweiz, pseudorhombisch, S. 21.
Fig. 21. Topas aus Brasilien, pseudomonoklin, S. 23.
Fig. 22. Titanit von Arendal, nach der *b* Axe verlängert, S. 24.
Fig. 23. Orthoklas von Fichtelberg, desgleichen, S. 24.
Fig. 24. Eisenvitriol, pseudorhomboëdrisch, S. 24.

*) Im Text ist statt Fig. 5 zu lesen Fig. 6 und umgekehrt.

Tafel II.

Zwillinge.

Zwillinge des regulären Systems nach dem 1. Gesetz. S. 39.

a) Zusammensetzungsfläche die Zwillingsebene.

Fig. 25. Magneteisenerz aus dem Pfitschthal in Tirol, Oktaëder-Zw. S. 40.
Fig. 26. Desgleichen, S. 41.
Fig. 27. Bleiglanz von Neudorf bei Harzgerode, S. 44.
Fig. 28. Spinell von Ceylon, wiederholte Zwillingsbildung, S. 49.
Fig. 29. Desgleichen, Drilling, S. 50.
Fig. 30. Gold von Verespatak in Siebenbürgen, Fünfling, S. 50.
Fig. 31. Blende von Schemnitz in Ungarn, S. 41, 42.
Fig. 32. Desgleichen mit Zwillingslamellen, S. 49, 52.
Fig. 33. Gold aus Brasilien, Dodekaëderzwilling, S. 43.
Fig. 34. Blende von St. Agnes in Cornwall, S. 47.
Fig. 35. Blende von Kapnik in Ungarn, S. 47.
Fig. 36. Diamant, Dodekaëderzwilling, S. 44.
Fig. 37. Ged. Kupfer von Bogoslowsk im Ural, Hexaëderzw. S. 42.
Fig. 38. Bleiglanz von Freiberg, Zw. des Mittelkrystalls, S. 43.
Fig. 39. Blende aus dem Binnenthal, parallele Wiederholung, S. 43.
Fig. 40. Ged. Silber von Kongsberg in Norwegen, Zw. des Ikositetraëders $^1/_3o$, S. 45.
Fig. 41. Desgleichen mit rhomboëdrischer Bezeichnung, S. 46.
Fig. 42. Desgleichen nach einer prismatischen Axe verlängert, S. 46.
Fig. 43. Gold von Verespatak, Zw. des Tetrakishexaëders $^1/_2d$, S. 48.
Fig. 44. Desgleichen, S. 48.

b) Zusammensetzungsfläche senkrecht auf der Zwillingsebene.

Fig. 45. Zwei Oktaëder in Zwillingsstellung S. 52.
Fig. 46. Bleiglanz von Gonderbaeh bei Laasphe, tafelförmig nach der Zwillingsebene, S. 53.
Fig. 47. Desgleichen, seitlich von Spaltungsflächen begrenzt, S. 53.

Tafel III.

Zwillinge des regulären Systems, Fortsetzung.

Fig. 48. Fahlerz von Dillenburg in Nassau, S. 54, 55.
Fig. 49. Desgleichen.

c) Durchwachsungszwillinge.

Fig. 50. Oktaëderzwilling, S. 55, 56.
Fig. 51. Hexaëderzwilling, S. 58.
Fig. 52. Dodekaëderzwilling, S. 60.
Fig. 53. Bleiglanz von Freiberg mit zwillingsartigen Hervorragungen. S. 56.
Fig. 54. Flussspath von Weardale in Durham, desgleichen, S. 59.
Fig. 55. Blende von Harzgerode, mehrfache Durchwachsung von Dodekaëdern S. 61.
Fig. 56. Bleiglanz von Freiberg, Zwilling des Mittelkrystalls, S. 59.
Fig. 57, Tetraëderzwilling, S. 57.
Fig. 58. Fahlerz von der Zilla bei Clausthal, S. 57, 58.

Zwillinge nach dem 2. Gesetz, S. 62.

Fig. 59. Regelmässiger Hexaëderzwilling, S. 62.
Fig. 60. Bleiglanz, Hexaëder mit einer Zwillingslamelle, S. 63.
Fig. 61. Bleiglanz, Hexaëder mit mehreren Zwillingslamellen, S. 64.

Zwillinge nach dem 3. Gesetz, S. 64.

Fig. 62. Regelmässiger Tetraëderzwilling, S. 64.
Fig. 63. Regelmässiger Tetraëderzwilling, Durchwachsungszw., S. 64,
Fig. 64. Diamant, Durchwachsungszwilling, S. 65.
Fig. 65. Kieselwismuth von Schneeberg, Durchwachsung von Triakistetraëdern, S. 65.
Fig. 66. Regelmässiger Pentagondodekaëder-Zwilling, S. 66.
Fig. 67. Eisenkies von Vlotho in Westfalen, Durchwachsungszw., S. 67.
Fig. 68. Eiesenkies von Elba, Dwz., S. 66, 67.
Fig. 69. Eisenkies von Elba, Dwz., (Horiz.-Projection), S. 66, 68.
Fig. 70. Eisenkies von Brosso in Piemont, S. 69, Anm.

Tafel IV.

Zwillinge des quadratischen Systems.

Zwillinge nach dem 1. Gesetz, S. 70.

Zwillinge nach dem 2. Gesetz, S. 79.

Zwillinge des hexagonalen Systems.

Zwillinge holoëdrischer Krystalle.

Zwillingsaxe die Normale einer Rhomboëderfläche.

Tafel V.

Zwillinge des hexagonalen Systems, Fortsetzung.
Zwillingsaxe die Hauptaxe.

Fig. 95. Kalkspath, Hauptrhomboëderzwilling, S. 95.
Fig. 96. Kalkspath aus Derbyshire, Skalenoëderzwilling, S. 95, 96.
Fig. 97. Kalkspath von Andreasberg, Zwilling des Prismas mit 1. stumpfern Rhomboëder, S. 95.
Fig. 98. Phenakit von Frammont in den Vogesen, Dwz., S. 97.
Fig. 99. Chabasit aus Böhmen, Dwz , S. 97.
Fig. 100. Eisenglanz vom Vesuv, Zusfl. senkrecht auf der Zweb. S. 96.
Fig. 101. Amethyst aus Brasilien, S. 98, 99.
Fig. 102. Quarz von Striegau in Schlesien, linke Krystalle, S. 99, 100.
Fig. 103. Quarz aus der Schweiz, Dwz., S. 102, 103.
Fig. 104. Quarz aus dem Dauphiné, Horizontalprojection, linke Krystalle, S. 99, 100.
Fig. 105. Quarz, Dwz. mit verticalen Zusfl., S. 101.
Fig. 106. Dwz. mit verticalen und horizontalen Zusfl., S. 102.
Fig. 107. Quarz aus Brasilien mit rechten und linken Trapezfl., S. 103.

Zwillinge des rhombischen Systems.

Fig. 108. Staurolith vom St. Gotthard, Dwz., 1. Gesetz, S. 105.
Fig. 109. Staurolith aus der Bretagne, Dwz. nach dem 2. Gesetz, S. 119.
Fig. 110. Aragonit von Dax, Awz.-Vierling, S. 109, 110.
Fig. 110a. Horizontalprojection zu Fig. 110.
Fig. 111. Aragonit, Schema eines Dwdr., S. 110, 111, 212.
Fig. 112. Aragonit, Endfläche eines Dwz., S. 110, 180.
Fig. 113. Aragonit, Endfl. eines Durchwachsungsvierlings, S. 110, 112, 180.
Fig. 114. Aragonit, Endfl. eines Durchwachsungsfünflings, S. 110, 112, 180.
Fig. 115. Aragonit, Endfl. eines Durchwachsungssechslings, S. 110, 112, 180.
Fig. 116. Weissbleierz von Friedrichssegen, Horizontalprojection eines Durchwachsungsdrillings, S. 110, 111.
Fig. 117. Aragonit, Schema eines Fünflings, S. 109.
Fig. 118. Aragonit von Bilin in Böhmen, Awz., S. 108.
Fig. 119. Desgleichen, mit paralleler Wiederholung, S. 109.
Fig. 120. Desgleichen, Aneinanderwachsungsdrilling, S. 109.
Fig. 121. Manganit von Ilfeld, Awz., S. 115.
Fig. 122. Chrysoberyll aus Brasilien, Awz., S. 116.
Fig. 123. Chrysoberyll von der Takowaja, Dw.-Drilling, S. 116, 117

Tafel VI.

Zwillinge des rhombischen Systems, Fortsetzung.

Fig. 124. Weissbleierz von Diepenlinchen, Awz., S. 114, 115.
Fig. 124 a. Weissbleierz von Diepenlinchen, Horizontalproj. zu Fig. 124.
Fig. 125. Kieselzinkerz von Altenberg, Awz., S. 123.
Fig. 126. Kupferglanz von Redruth in Cornwall, Doppelzwilling. S. 107, 114, 124.
Fig. 127. Arsenikkies von Tunaberg in Schweden, Awz., S. 118.
Fig. 128. Arsenikkies von Freiberg, Awz., S. 118.
Fig. 129. Schwefel von Girgenti, Awz. nach dem 1. Gesetz, S. 122.
Fig. 130. Schwefel von Girgenti, Awz. nach dem 2. Gesetz, S. 122.
Fig. 131. Schwefel von Girgenti, Dwz. nach dem 3. Gesetz, S. 122.

Zwillinge des monoklinen Systems.

Fig. 132. Gyps von Berchtesgaden, Awz. nach dem 1. Gesetz, S. 127.
Fig. 133. Gyps vom Montmartre, Awz. nach dem 2. Gesetz, S. 132, 133
Fig. 134. Gyps vom Montmartre, Awz. nach dem 3. Gesetz, S. 133.
Fig. 135. Orthoklas von Karlsbad, rechter Karlsbader Zw., S. 128, 129.
Fig. 136. Orthoklas von Karlsbad, linker Karlsbader Zw., S. 129.
Fig. 137. Orthoklas von Elba, Horizontalproj. eines rechten Karlsbader Zwillings, S. 129.
Fig. 138. Orthoklas von Elba, Horizontalproj. eines linken Karlsbader Zwillings, S. 129.
Fig. 139. Hornblende von Bilin in Böhmen, Awz., S. 127.
Fig. 139 a. Hornblende von Bilin in Böhmen, Horizontalproj. des obern Endes von Fig. 139, S. 127.
Fig. 139 b. Hornblende von Bilin in Böhmen, Horizontalproj. des untern Endes von Fig. 139, S. 127.
Fig. 140. Wolfram von Zinnwald in Böhmen, Awz., S. 128, 133, 134.
Fig. 141. Titanit vom Rothenkopf im Zillerthal, Krystall mit eingezeichneter Zweb., S. 131.
Fig. 142. Titanit vom Rothenkopf im Zillerthal, Awz., S. 131.
Fig. 143. Titanit von Tavetsch, Dwz., S. 131.
Fig. 144. Orthoklas von Manebach, Awz. nach dem Manebacher Gesetz, S. 130.
Fig. 145. Harmotom von Strontian in Schottland, Dwz., S. 132.
Fig. 146. Harmotom von Andreasberg, Doppelzwilling, S. 138.

Tafel VII.

Zwillinge des monoklinen Systems, Fortsetzung.

Zwillinge des triklinen Systems.

Tafel VIII.

Krystallotektonik.

Tektonik im regulären System.

Fig. 169. Bleiglanz von Stolberg, gestrickt, S. 190, 236.

Fig. 170. Ged. Kupfer von Bogoslowsk, regelmässig baumförmige Verwachsung, S. 191, 192, 237..

Fig. 171. Ged. Kupfer von Bogoslowsk, Tektonik nach allen prismatischen Axen, S. 191, 237.

Fig. 172. Ged. Silber von Kongsberg in Norwegen, Tektonik nach allen rhomboëdrischen Axen, S. 191, 238, 240.

Fig. 173. Flussspath von Tavistock in Devonshire, Okt. aufgebaut von Hex. S. 194, 239.

Fig. 174. Flussspath von Zinnwald, Hexaëderfläche mit Subindividuen ($a : \infty a : {}^1/{}_m a$), S. 160, 163, 242.

Fig. 175. Bleiglanz von Schemnitz, Hexaëderfläche mit Subindividuen ($a : a : {}^1/{}_m a$), S. 160, 163, 226, 242.

Fig. 176. Eisenkies von Elba, Hexaëderfl., gestreift, S. 162.

Fig. 177. Eisenkies von Elba, Hexaëderfl., mit Aetzeindrücken, S. 162.

Fig. 178. Bleiglanz von Matlock, Oktaëderskelett, pseudoquadratisch, S. 204, 239.

Fig. 179. Bleiglanz aus Wisconsin, Hexaëderskelett, pseudorhomboëdrisch, S. 204, 239.

Fig. 180. Bleiglanz von Gonderbach, Querschnitt durch eine Tafel, S. 210.

Fig. 181. Bleiglanz, Hüttenprodukt, Hexaëderskelett, S. 204.

Fig. 182. Bleiglanz von Gonderbach, Inneres eines pseudoquadratischen Krystalls, S. 210, 239.

Fig. 183. Bleiglanz von Gonderbach, Zwillingstafel mit Subindividuen, S. 159, 160, 194, 195, 199, 210, 211.

Fig. 184. Diamant, Oktaëderfläche mit Aetzeindrücken, S. 203.

Fig. 184a. Diamant, Oktaëderfläche mit Aetzeindrücken, Gruppirung derselben, S. 203.

Fig. 185. Diamant, Oktaëderfläche mit regelmässigen Eindrücken, S. 203.

Fig. 186. Alaun, Oktaëderfläche, gestreift, S. 159.

Fig. 187. Eisenkies von Elba, Oktaëderfläche, gestreift, S. 162.

Fig. 188. Eisenkies von Elba, Pentagondodekaëderfläche mit Aetzeindruck, S. 162.

Fig. 189. Eisenkies von Zacatecas in Mexico, Pentagondodekaëderfläche mit Streifen, S. 162.

Fig. 190. Granat von Brosso in Piemont, Dodekaëderfläche mit Subindividuen, S. 159, 163, 201, 242.

Tafel IX.

Tektonik im regulären System, Fortsetzung.

Fig. 191. Blende vom Schlaggenwald in Böhmen, S. 161.
Fig. 192. Blende von St. Agnes in Cornwall, S. 161, 163, 200.
Fig. 193. Diamant, Hexakisoktaëder mit gekrümmten Flächen, S. 198.
Fig. 194. Diamant, Hexakistetraëder-Zw. mit gekrümmten Fl., S. 198.
Fig. 195. Ged. Silber von Kongsberg, hypoparallele Tektonik in einer rhomb. Axe, S. 191, 238.

Tektonik im quadratischen System.

Fig. 196. Legirung von Zink und Calcium, Hüttenprodukt, regelmässige Verwachsung, S. 240.
Fig. 197. Kupferkies von Daaden, mit erkennbaren Subind., S. 164, 199.
Fig. 198. Vesuvian vom Wilui in Sibirien mit erkennbaren Subindividuen, S. 164, 165, 201.
Fig. 199. Zinnstein aus dem Erzgebirge, Zw. mit erkennbaren Subindividuen, S. 164, 165.

Tektonik im hexagonalen System.

Fig. 200. Eisenglanz aus Pennsylvanien, regelm. Verw., eingewachsen in Glimmer, S. 192, 241.
Fig. 201. Eisenglanz von Krageröe in Norwegen, gerade Endfläche mit Subind., S. 169.
Fig. 202. Eisenglanz vom Vesuv, gerade Endfl. mit Subind., S. 169, 199.
Fig. 203. Kalkspath von Andreasberg, regelm. Verw., S. 191, 241.
Fig. 204. Kalkspath von Andreasberg, Horizontalproj. mit erkennbaren Subind., S. 167, 169, 201.
Fig. 205. Kalkspath von Andreasberg mit Aetzfiguren S. 168, 169, 203, 205a und 205b Aetzfiguren allein, S. 168, 169.
Fig. 206. Kalkspath von Andreasberg, regelm. Verw., S. 192, 241.
Fig. 207. Kalkspath von Island, Rhomboëderfläche mit Subind., S. 168.
Fig. 208. Quarz von Schemnitz in Ungarn, Skepterquarz, S. 225.
Fig. 209. Quarz aus der Schweiz, gereift, S. 196.
Fig. 210. Quarz aus der Schweiz, mit Scheinflächen, S. 197.
Fig. 211. Quarz aus Madagascar mit vicinalen Trapezoëder- und Trigonoëderfl., S. 173, 200.
Fig. 212. Quarz, angeschliffene Endfl. mit Aetzfiguren, S. 171, 172, 212.
Fig. 213, Quarz von Marmorosch, mit Aetzflächen, S. 172.

Tafel X.

Tektonik im hexagonalen System, Fortsetzung.

Fig. 214. Quarz aus der Schweiz, mit erkennbaren Subindividuen und regelm. Eindr., S. 172, 173, 197, 199, 202, 205.

Fig. 215. Quarz aus der Schweiz, links gedreht, S. 187, 188, 202, 213.

Fig. 216. Kalkspath von Andreasberg, Umhüllung des Skalenoëders durch Prisma, S. 225.

Fig. 217. Eisenspath von Tavistock, Endfläche mit verschiedenen Hüllen, S. 225.

Fig. 218. Braunspath von Schemnitz, Rhomboëder, sattelförmig gekrümmt, S. 189, 202.

Fig. 219. Eisenglanz aus der Schweiz, sog. Eisenrose, S. 185, 188, 194, 213.

Fig. 219a. Eisenglanz aus der Schweiz, sog. Eisenrose, obere Ansicht.

Fig. 220. Kalkspath von Andreasberg, schuppenförmige Einigung der Subindiv., S. 200.

Tektonik im rhombischen System.

Fig. 221. Schwerspath aus der Auvergne, Skepterbildung, S. 225.

Fig. 222. Aragonit von Bilin, gerade Endfl. mit Aetzfiguren, S. 174.

Fig. 223. Desmin von Island, garbenförmig, hypoparallele Einigung, S. 185–87, 213.

Tektonik im monoklinen System.

Fig. 224. Adular aus der Schweiz, mit gerader Endfläche als Scheinfläche, S. 196.

Fig. 225. Essigsaures Kupferoxyd mit Aetzfiguren, S. 176.

Fig. 226. Gyps von Sütel mit regelmässigem Einschluss, S. 209, 219.

Tektonik im triklinen System.

Fig. 227. Kupfervitriol, mit treppenartiger Vertiefung auf *g*, S. 178, 205.

Unterbrochene und gestörte Einigung.

Fig. 228. Quarz von Beeralston in Devonshire, Babylonquarz, S. 229.

Fig. 229. Gyps von Friedrichsrode im Thüringerwalde, geknickt, S. 227.

Fig. 230. Gyps von Sütel in Holstein mit Druckflächen, S. 230.

Regelmässige Verwachsungen verschiedener Mineralien.

Fig. 231. Fahlerz mit Kupferkies von der Zilla bei Clausthal, S. 247.

Fig. 232. Kupferkies mit Fahlerz von Neudorf am Harz, S. 247.

Fig. 233. Orthoklas mit Albit aus Tirol, S. 245.

Fig. 234. Orthoklas mit Albit aus dem Riesengebirge, S. 245.

Fig. 235. Quarz auf Kalkspath von Schneeberg in Sachsen, S. 248.

Fig. 235a. Desgleichen. Horizontalprojection.

Fig. 236. Rutil auf Eisenglanz vom Cavradi in der Schweiz, S. 249.

Fig. 237. Pseudomorphose von Kalkspath nach Aragonit von Offenbanya, S. 247. 248.

Tafel. XI.

Zonenlehre.

Tafel XII.

Zonenlehre, Fortsetzung.

Fig. 248. Linearprojection von Formen des regulären Systems auf eine Hexaëderfläche, Zonen der Grundaxen, S. 263.

Fig. 249. Desgleichen, Zonen der prismatischen Axen, S. 264.

Fig. 250. Desgleichen, Zonen der rhomboëdrischen Axen, S. 264.

Fig. 251. Desgleichen, Zonen der Diagonalen der Oktaëderfl. S. 265.

Nachtrag zur Krystallotektonik.

Fig. 252. Nach Haüy durch Decrescenz von Hexaëdern gebildetes Dodekaëder, S. 243.

Fig. 253. Desgleichen, Tetrakishexaëder, S. 243.

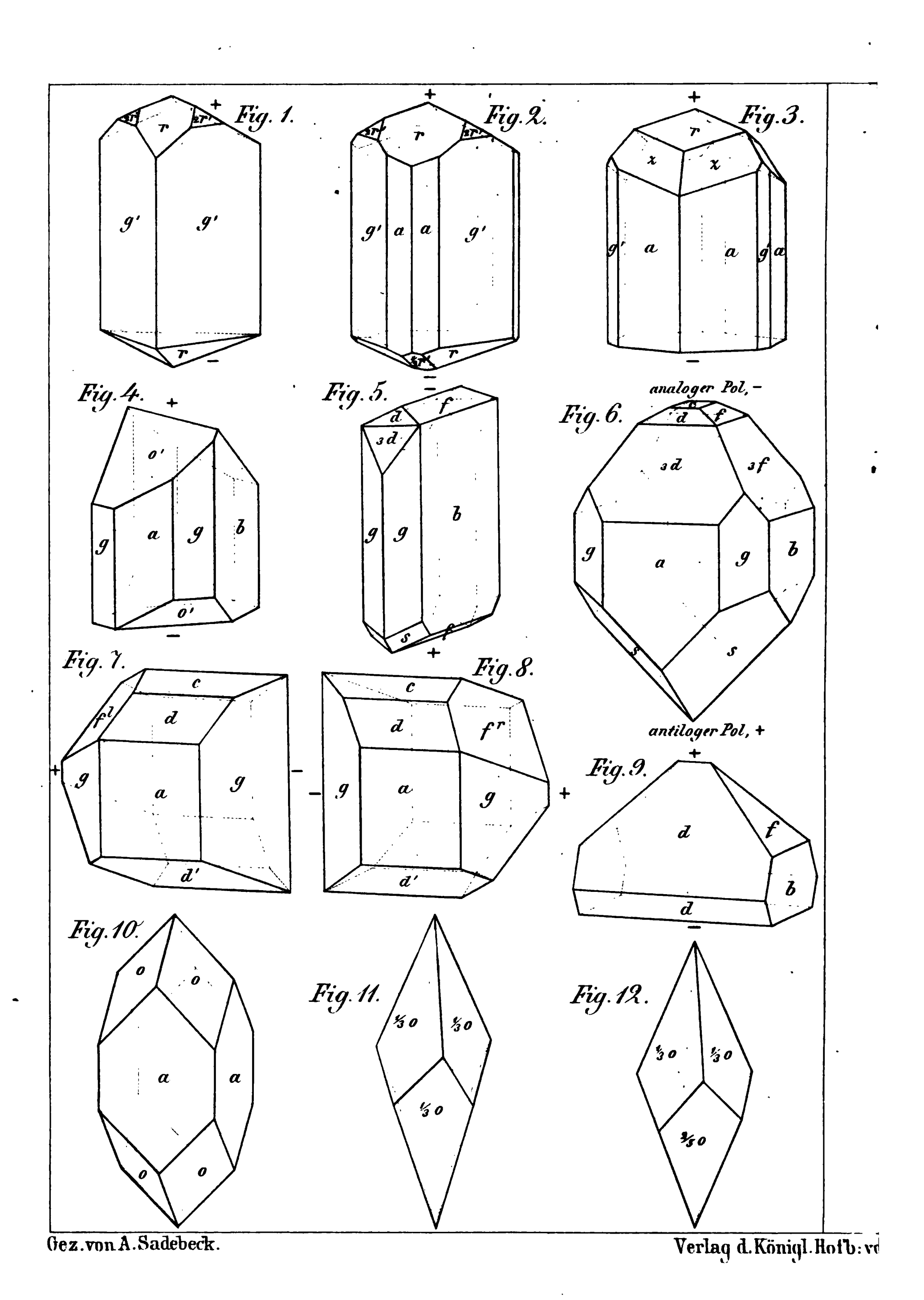
Nachtrag zu den Zwillingen.

Fig. 254. Rothgiltigerz von Andreasberg, Horizontalprojection von 2 Individuen der Fig. 93, S. 92.

Fig. 255. Bournonit, schematische Darstellung der wiederholten Zwillingsbildung, S. 120.

Fig. 256. Tridymit, Horizontalprojection eines Doppelzwillings, die beiden äussern Individuen sind nach dem Gesetz, Zwillingsaxe eine Normale von $(a : \infty a : a : {}^3/_4 c)$ verbunden, die mittlern mit den äussern nach dem Gesetz, Zwillingsaxe Normale von $(a : \infty a : a : {}^1/_6 c)$, S. 85.

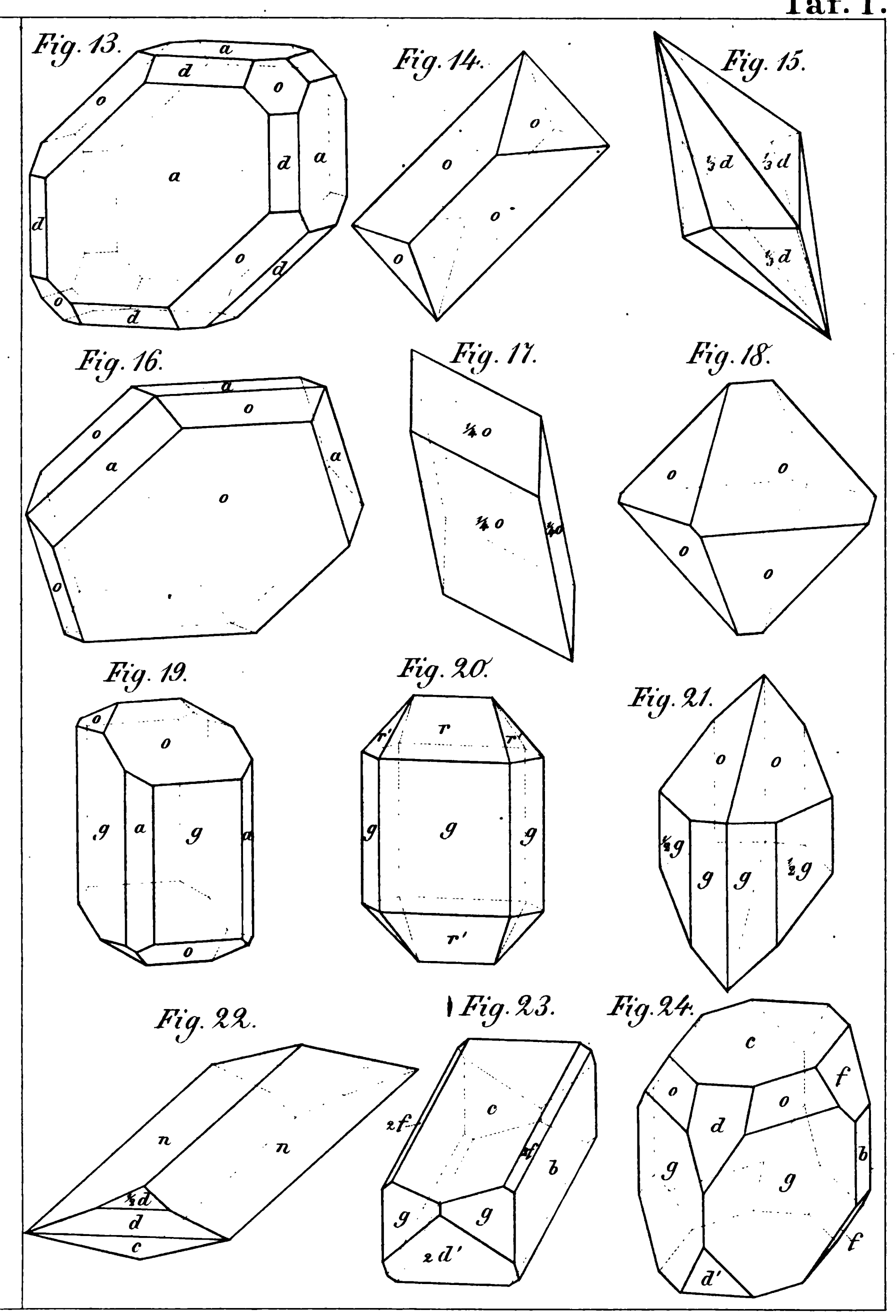
Fig. 257. Kalkspath aus Derbyshire, Skalenoëderzw. $(a : {}^1/_2 a : {}^1/_3 a : c)$, Zwillingsebene und Zusammensetzungsfläche eine Fläche des 1. spitzern Rhomboëders, S. 92.



Gez. von A. Sadebeck.

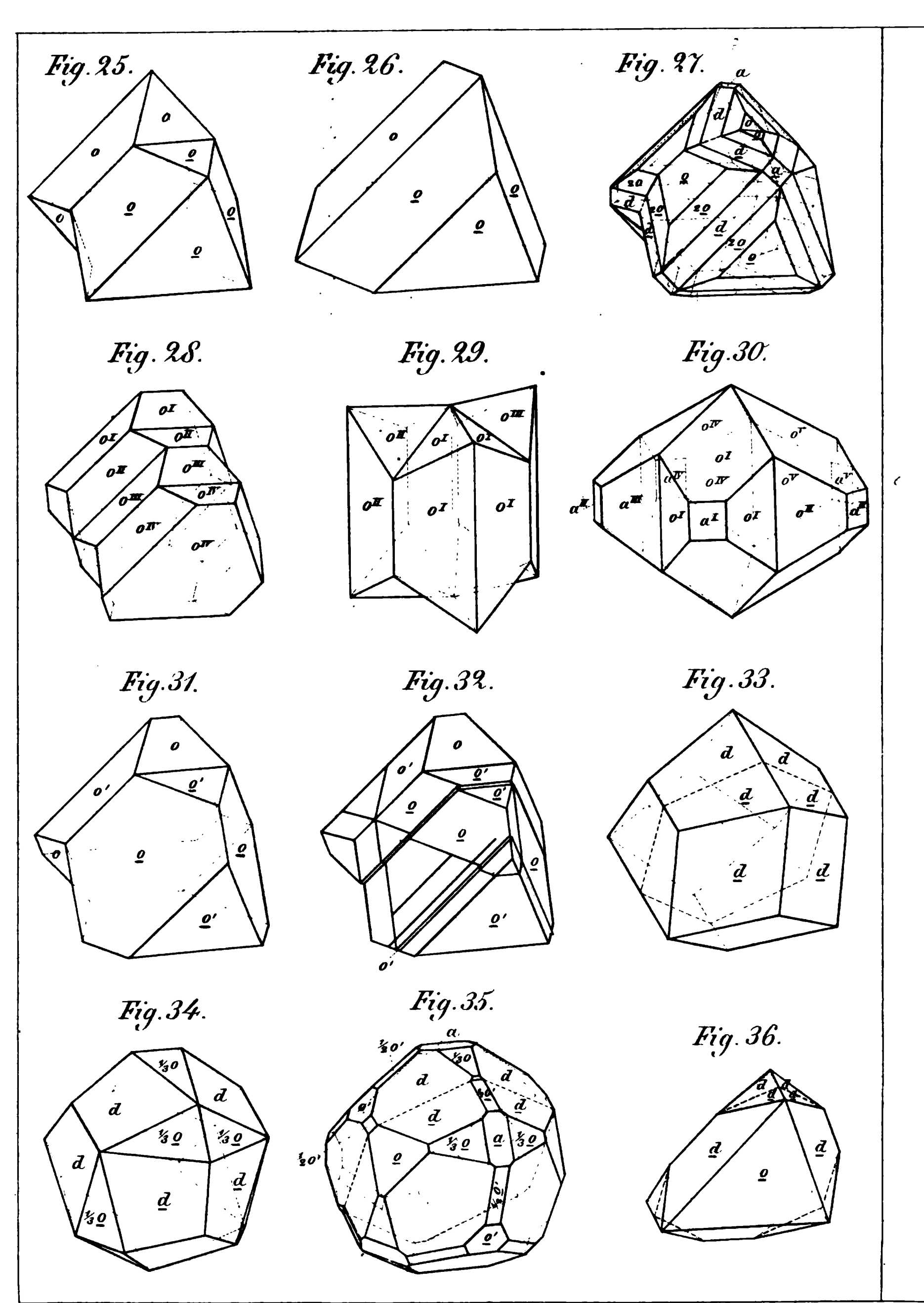
Verlag d. Königl. Hofb: v

Taf. I.



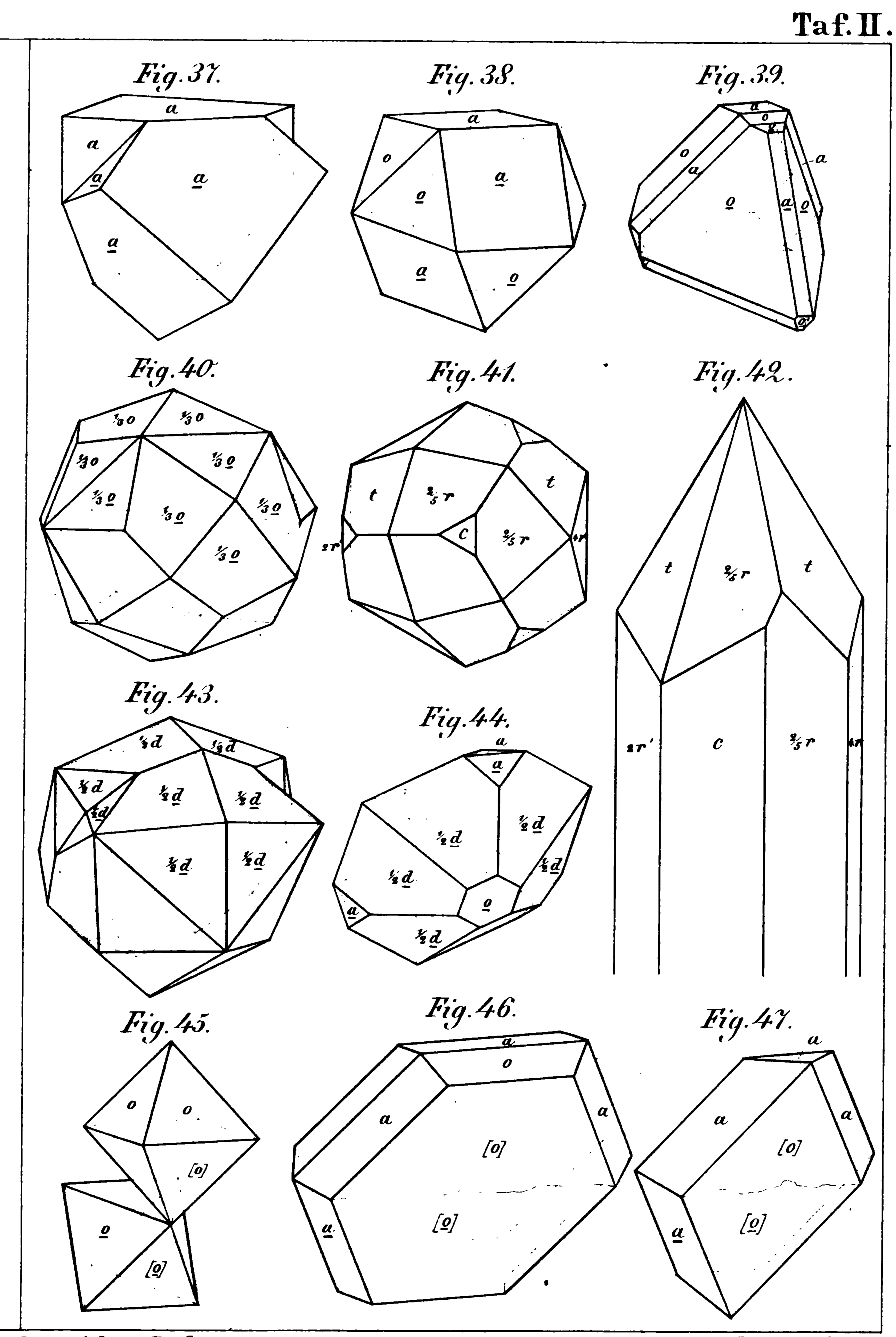
E. S. Mittler & Sohn in Berlin.

Lith. von Laue.

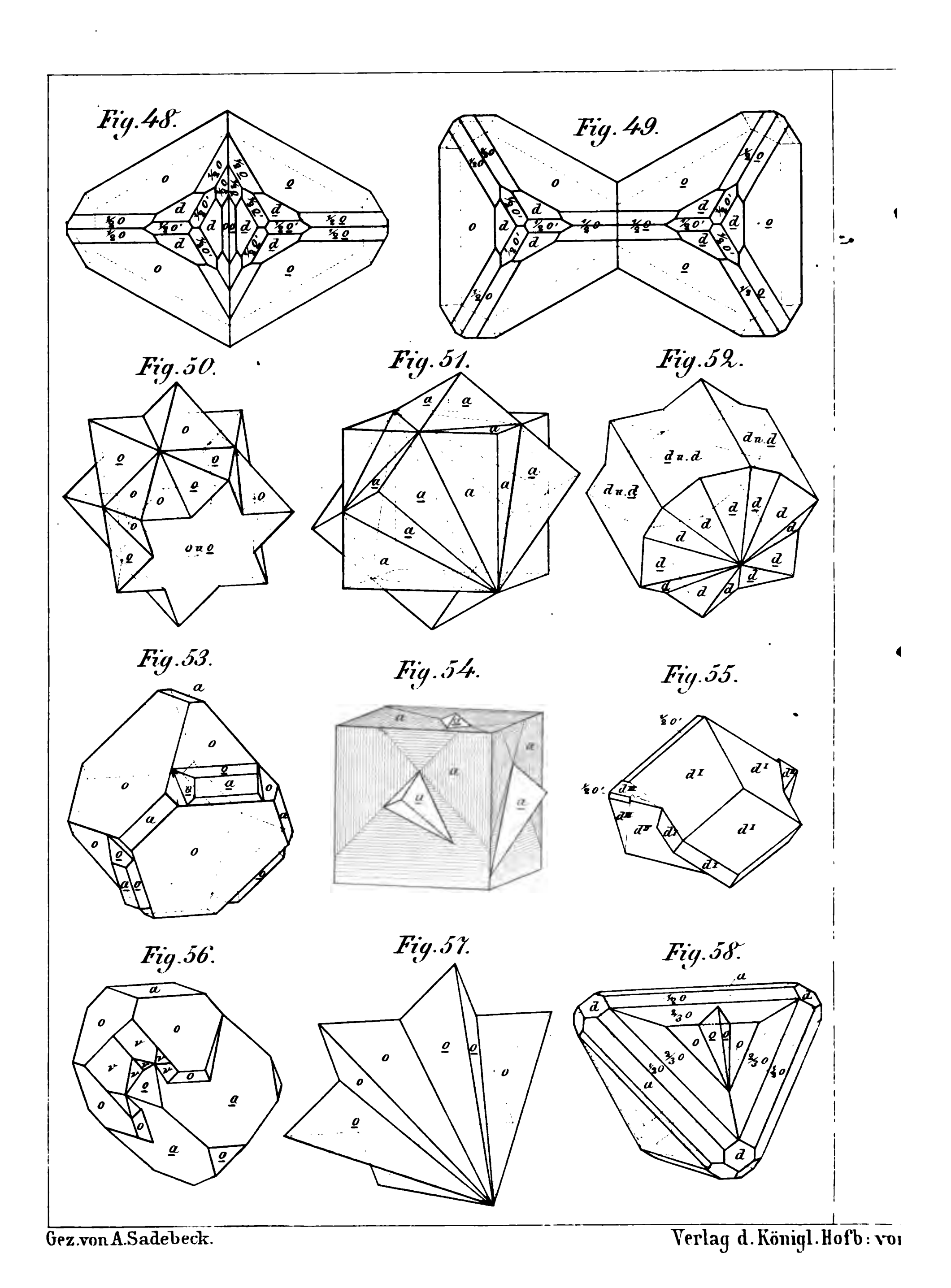


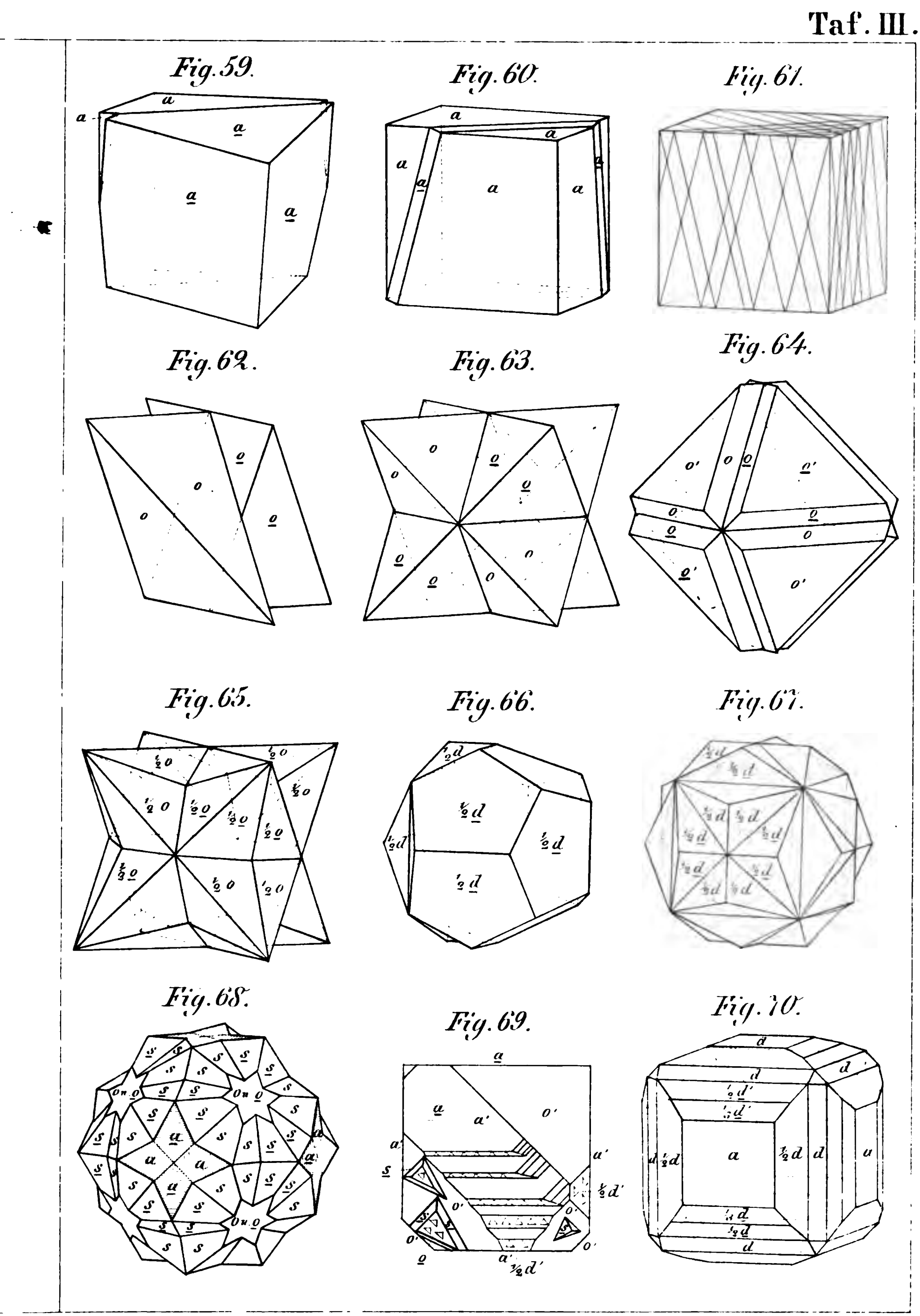
Gez. von A. Sadebeck.

Verlag d. Königl. Hofb: vo



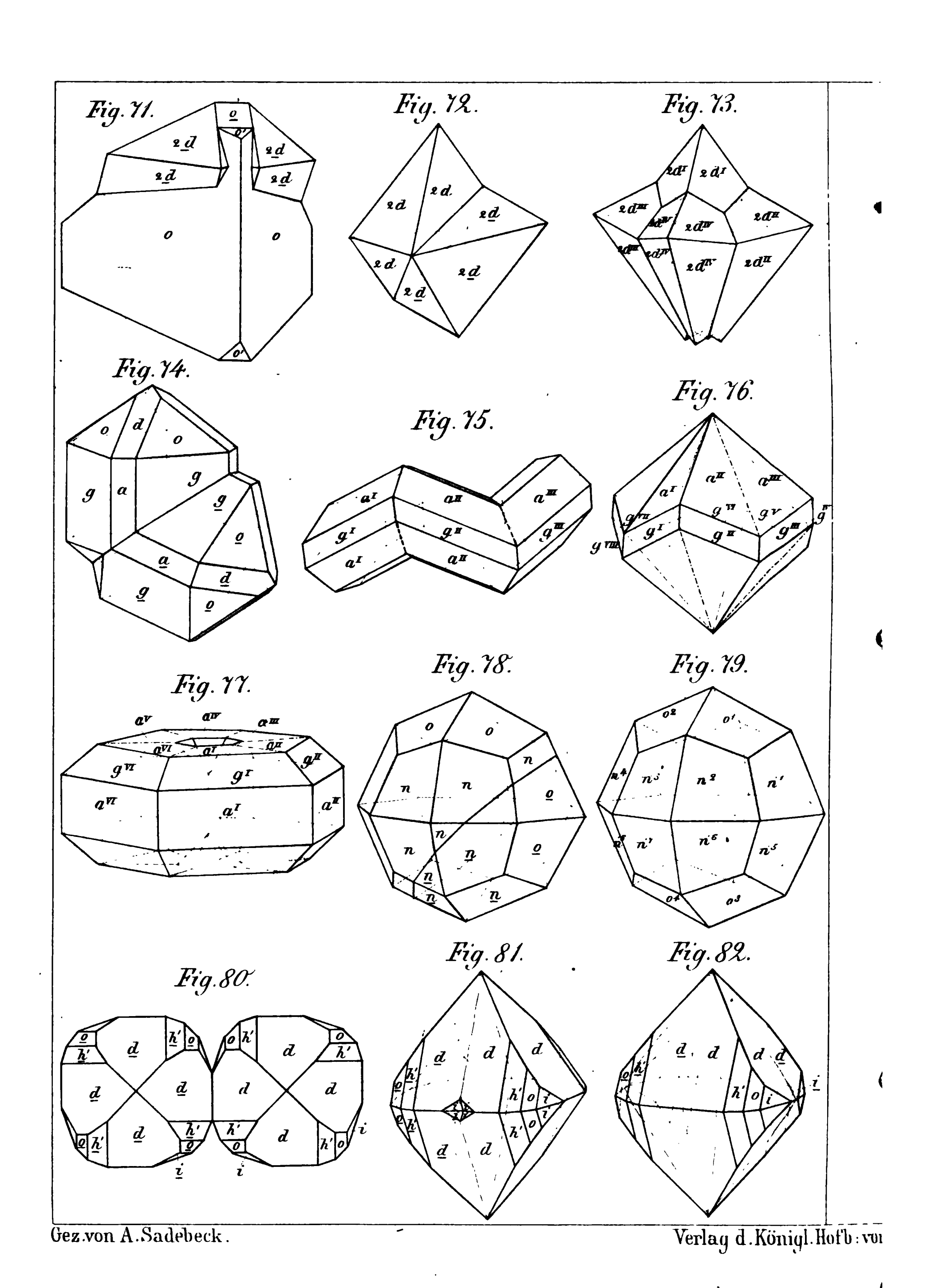
E. S. Mittler & Sohn in Berlin. Lith. von Laue.


Fig. 48.
Fig. 49.
Fig. 50.
Fig. 51.
Fig. 52.
Fig. 53.
Fig. 54.
Fig. 55.
Fig. 56.
Fig. 57.
Fig. 58.
Gez. von A. Sadebeck.
Verlag d. Königl. Hofb: vo

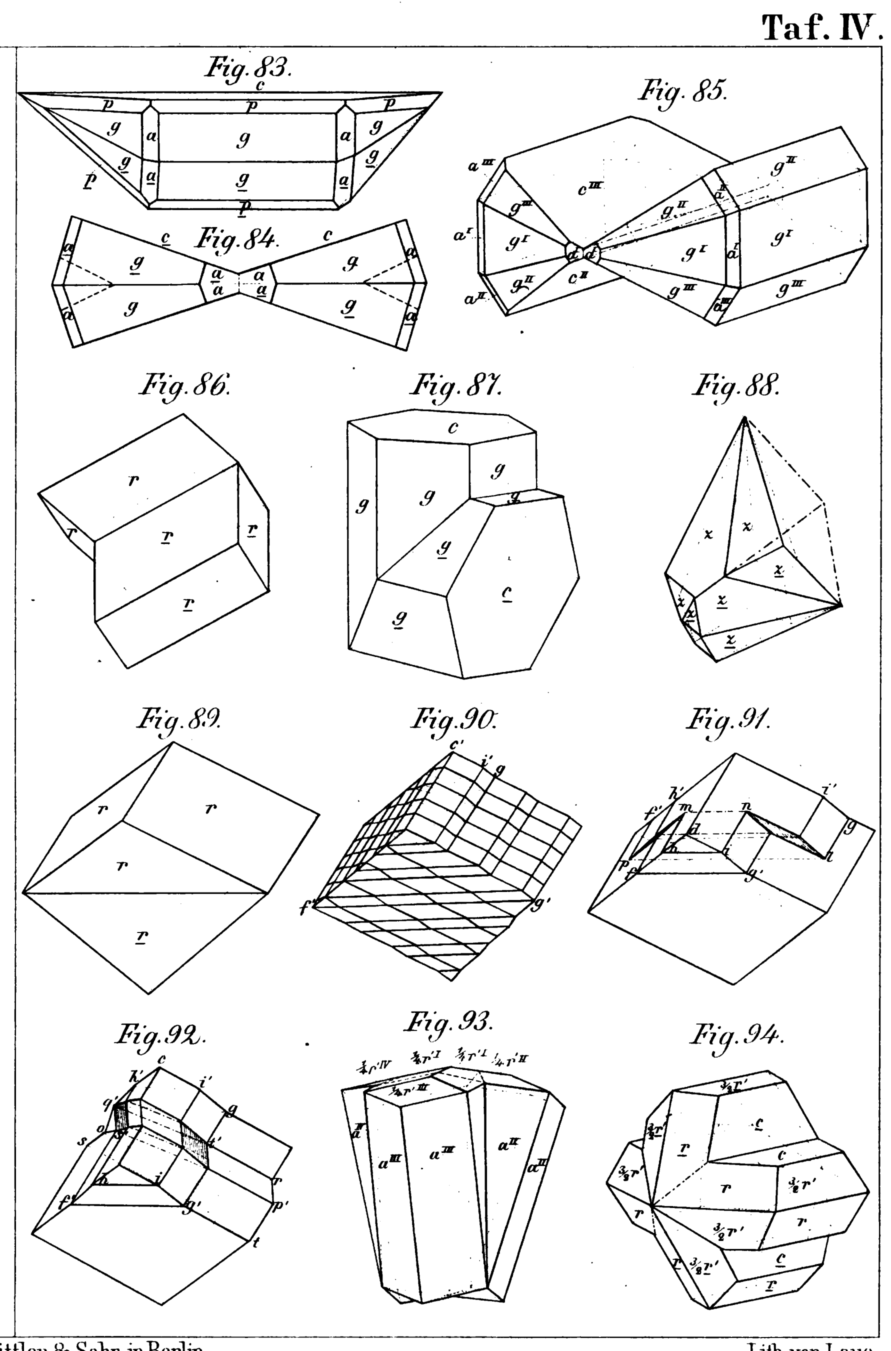


S. Mittler & Sohn in Berlin.

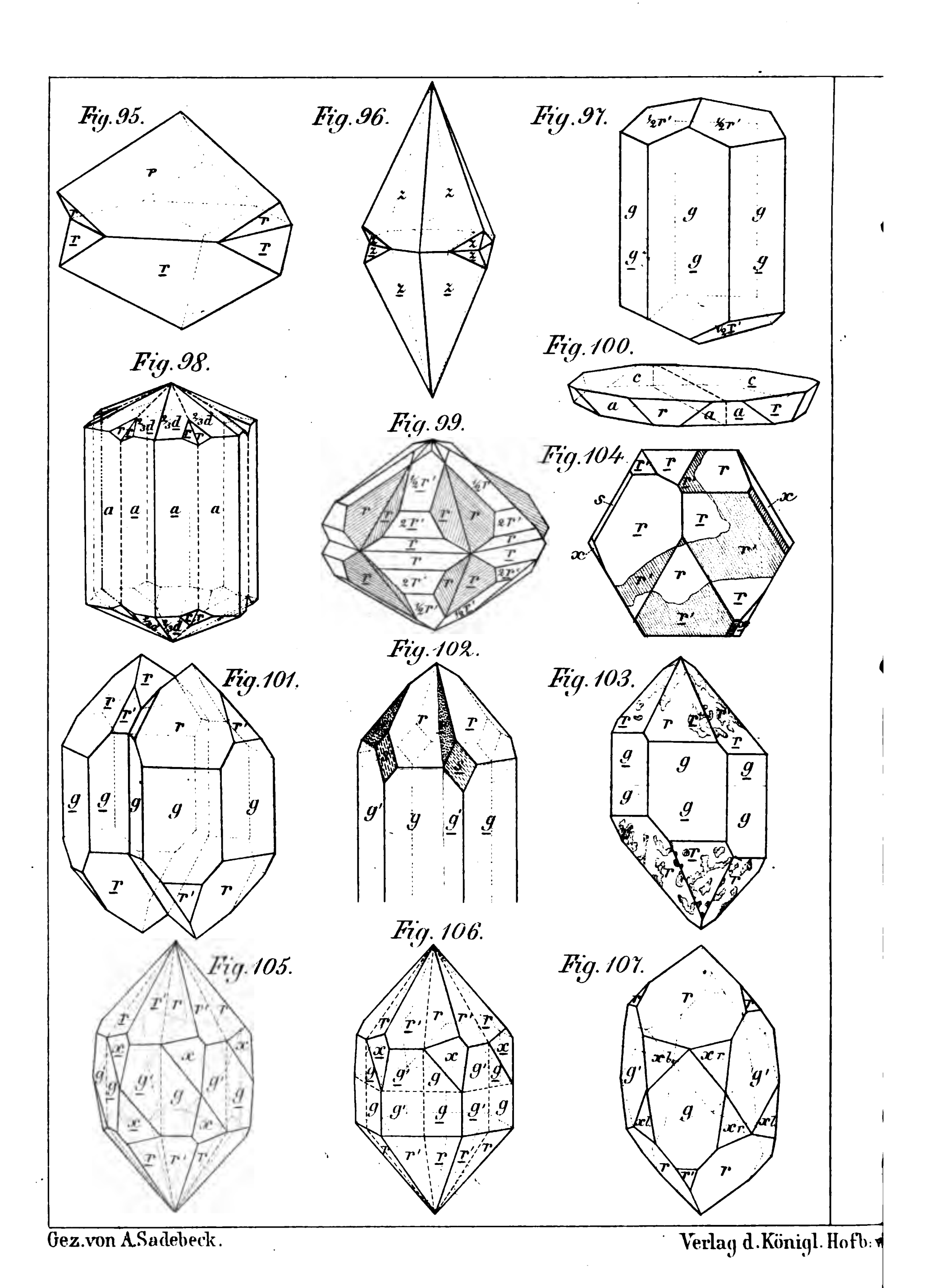
Lith. von Laue.



Gez. von A. Sadebeck. Verlag d. Königl. Hofb: von

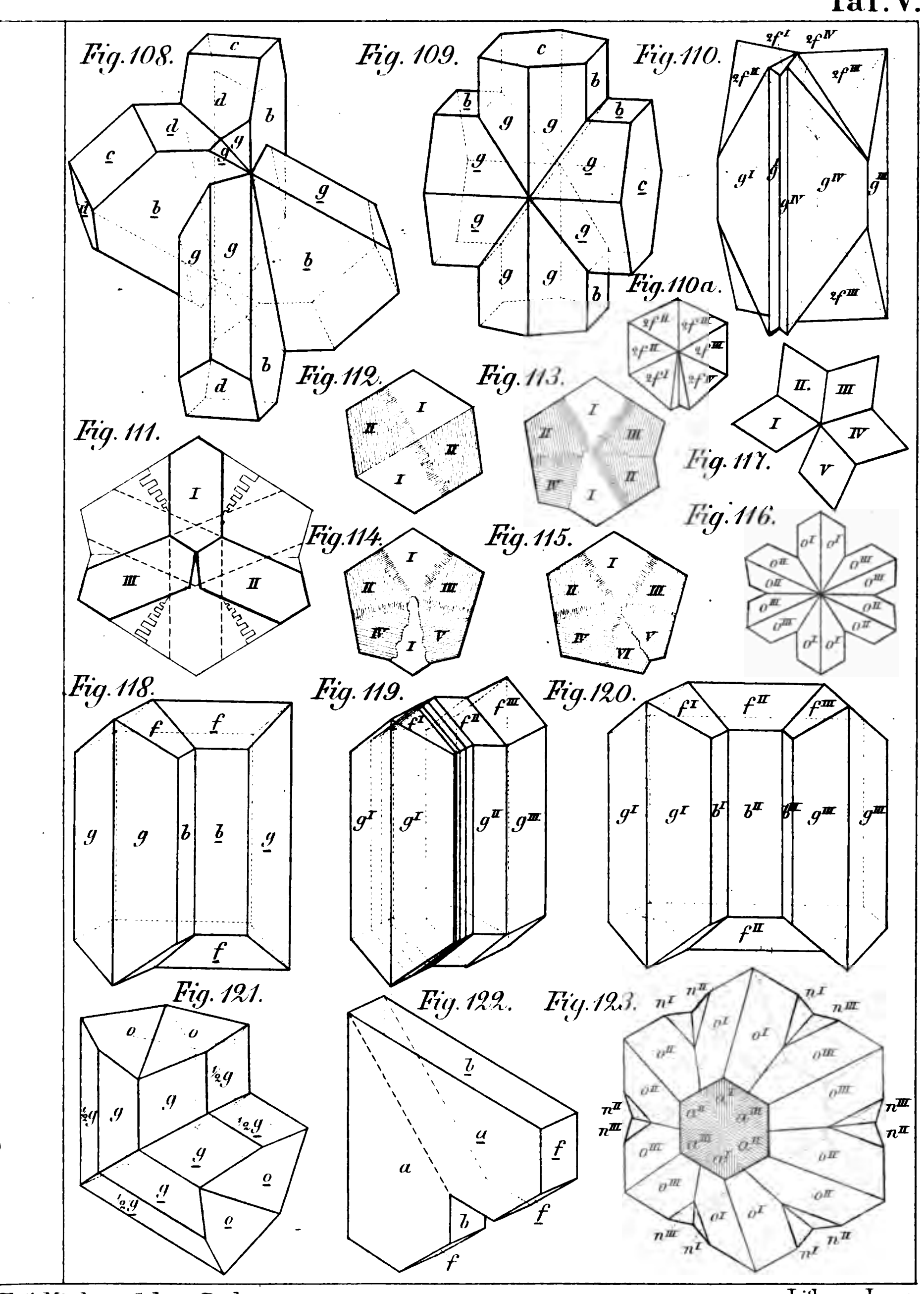


S. Mittler & Sohn in Berlin. Lith. von Laue.



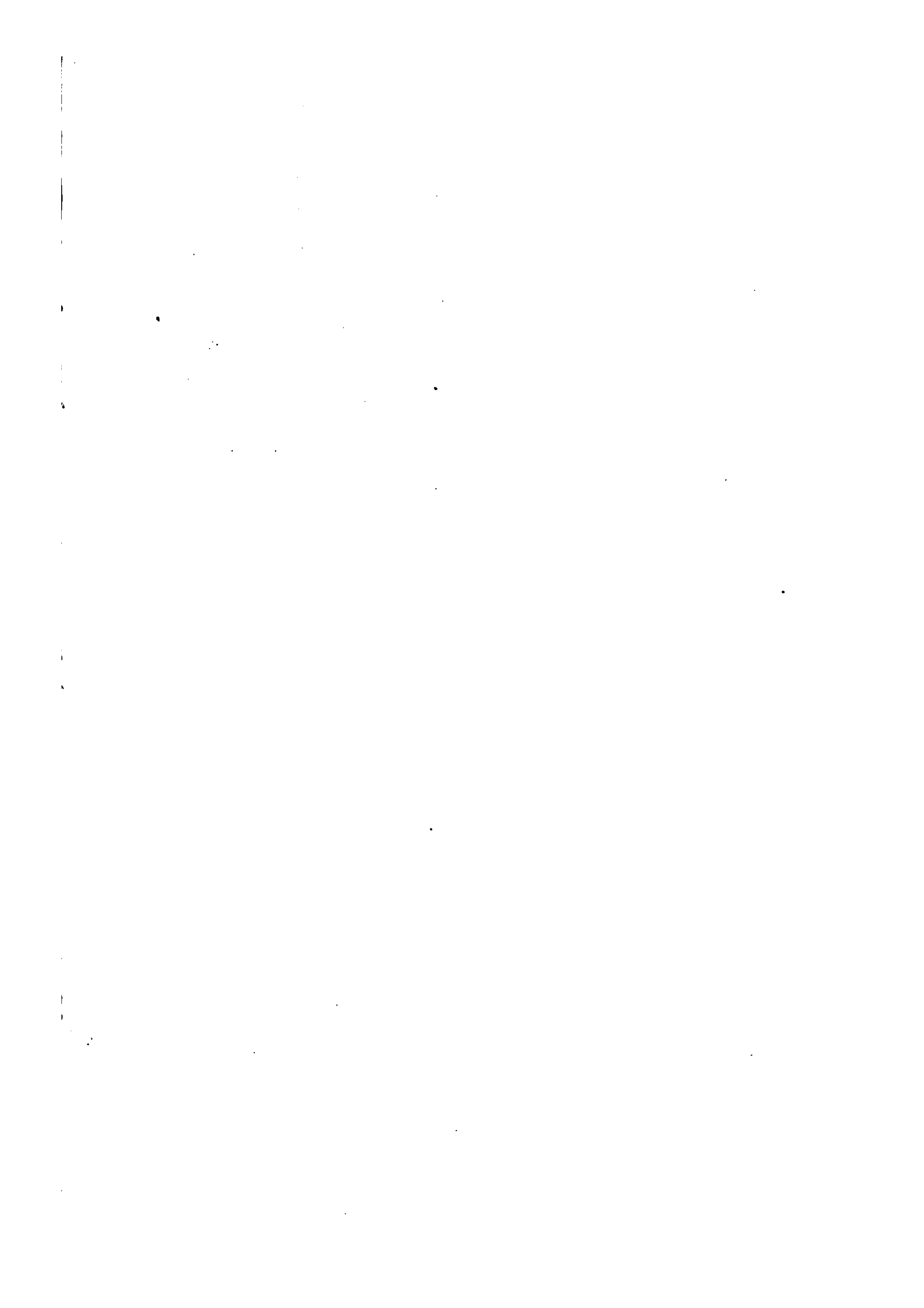
Gez. von A. Sadebeck.

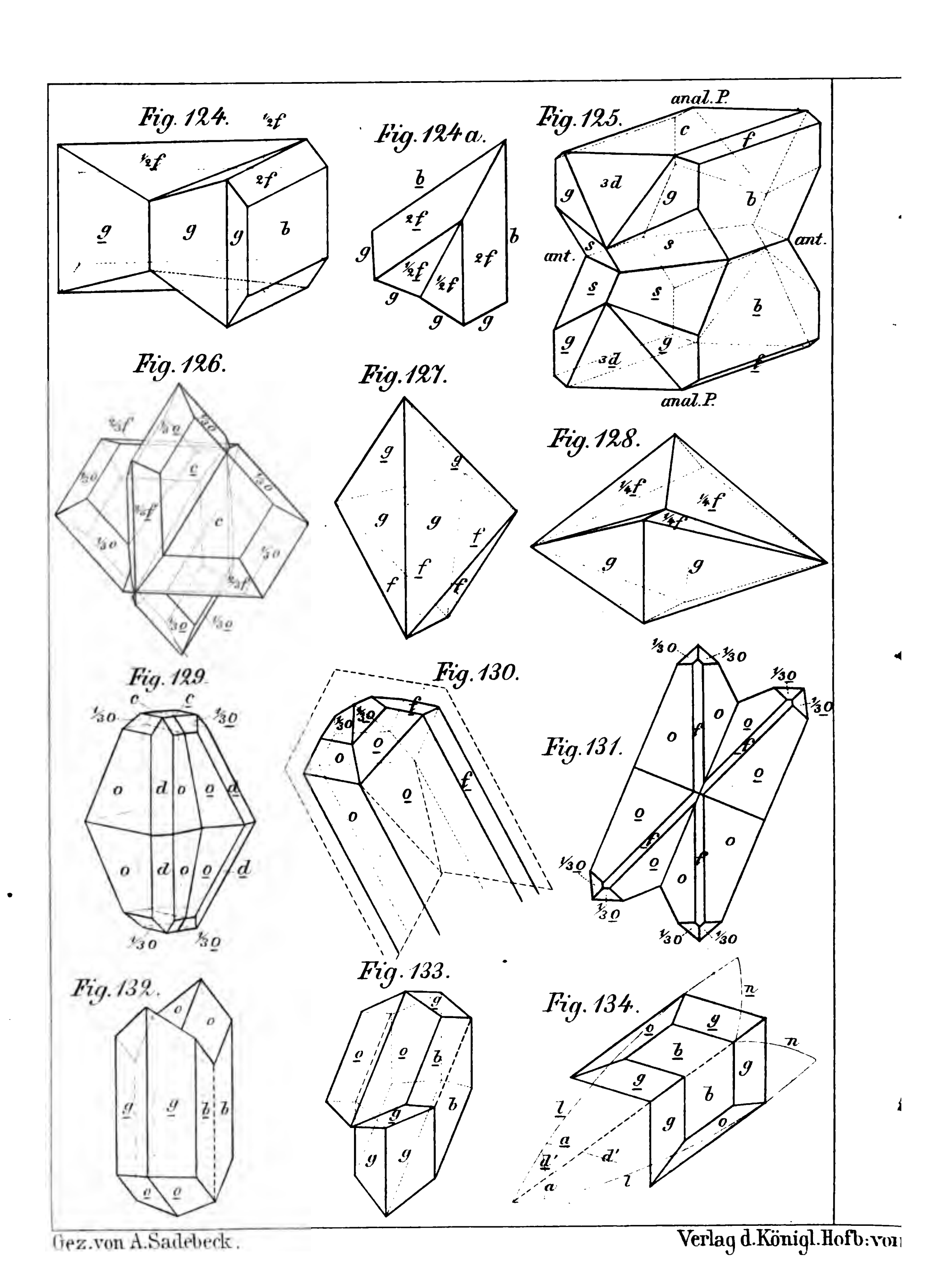
Verlag d. Königl. Hofb.



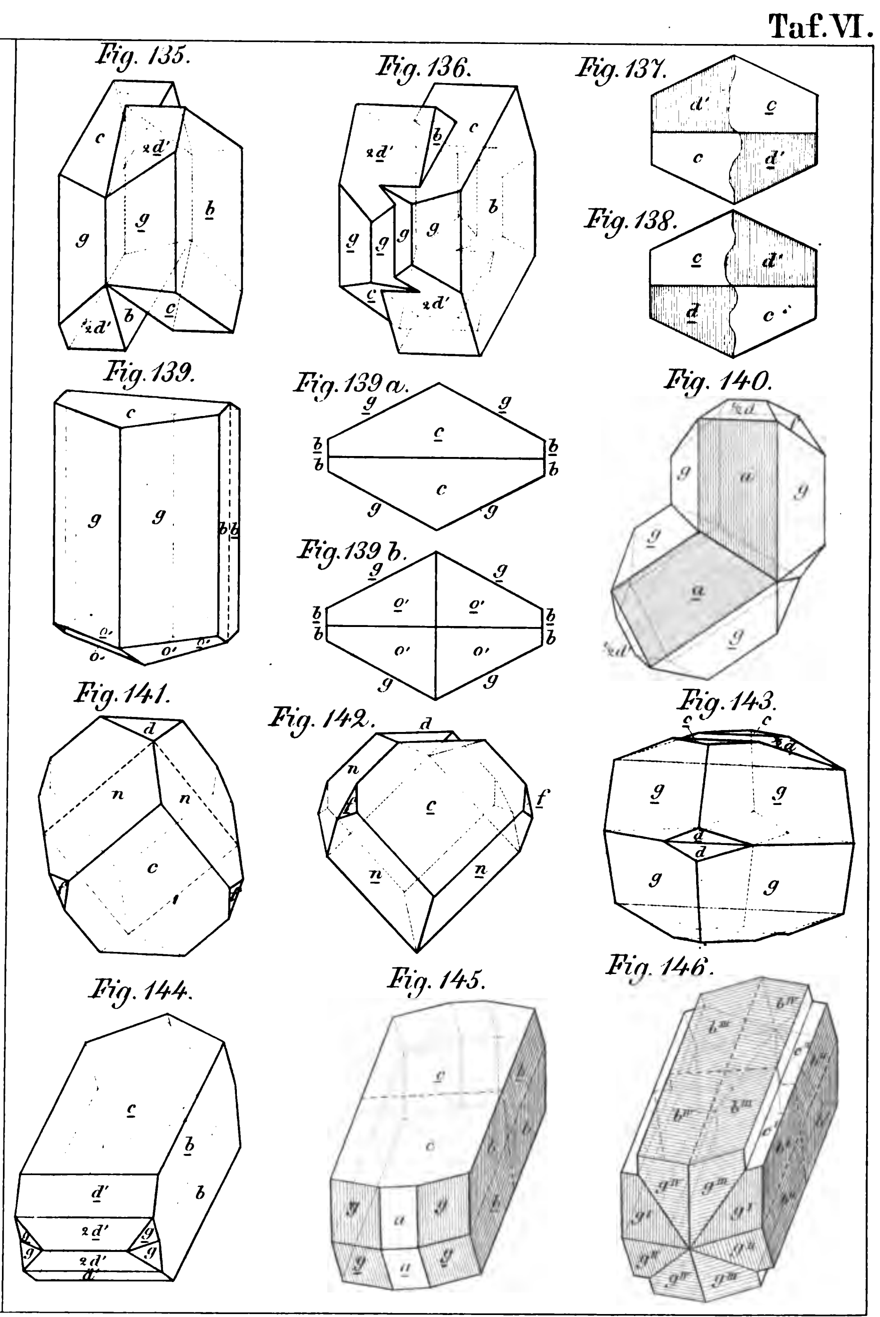
E. S. Mittler & Sohn in Berlin.

Lith. von Laue.

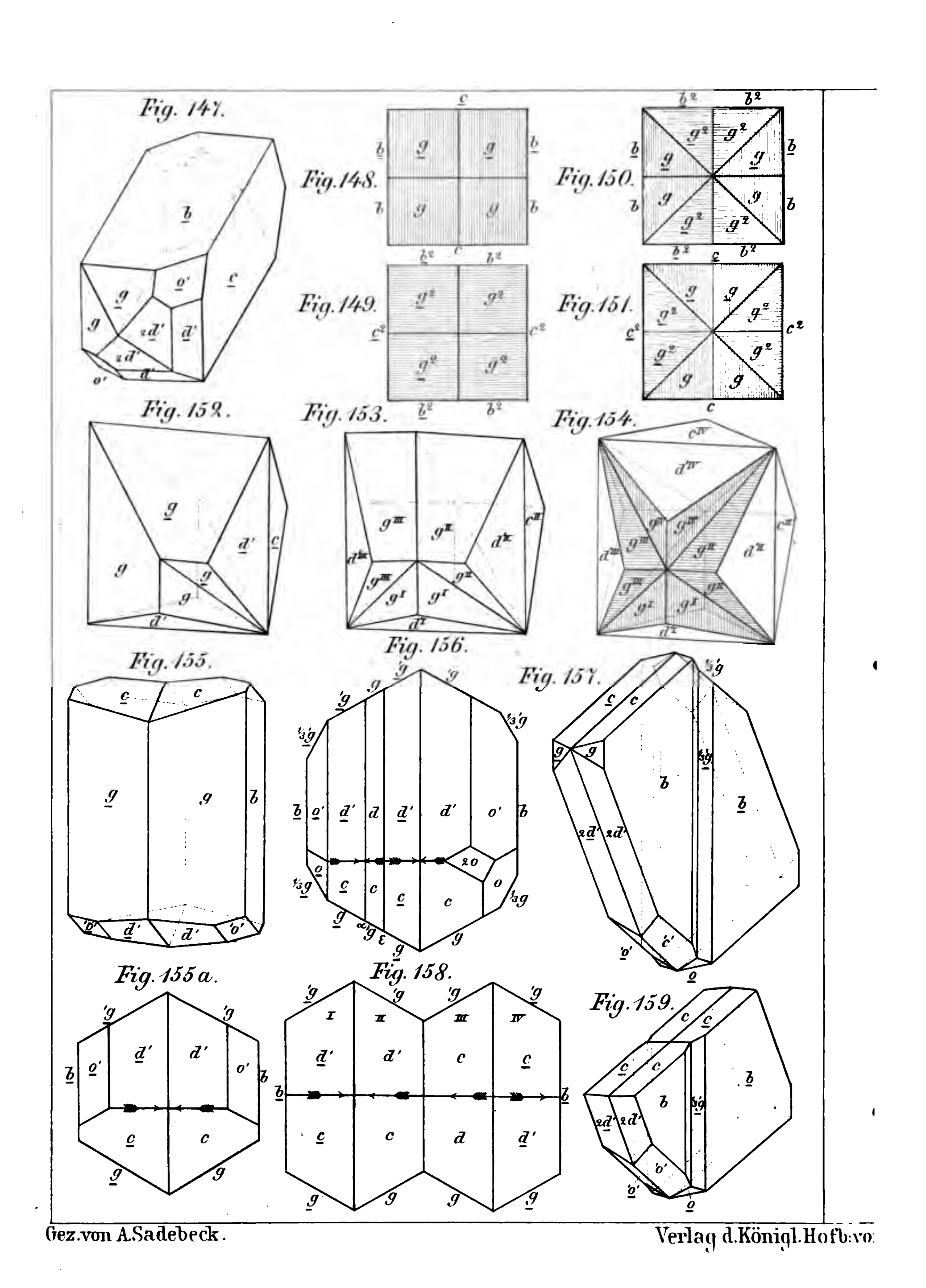




Gez. von A. Sadebeck. Verlag d. Königl. Hofb: von



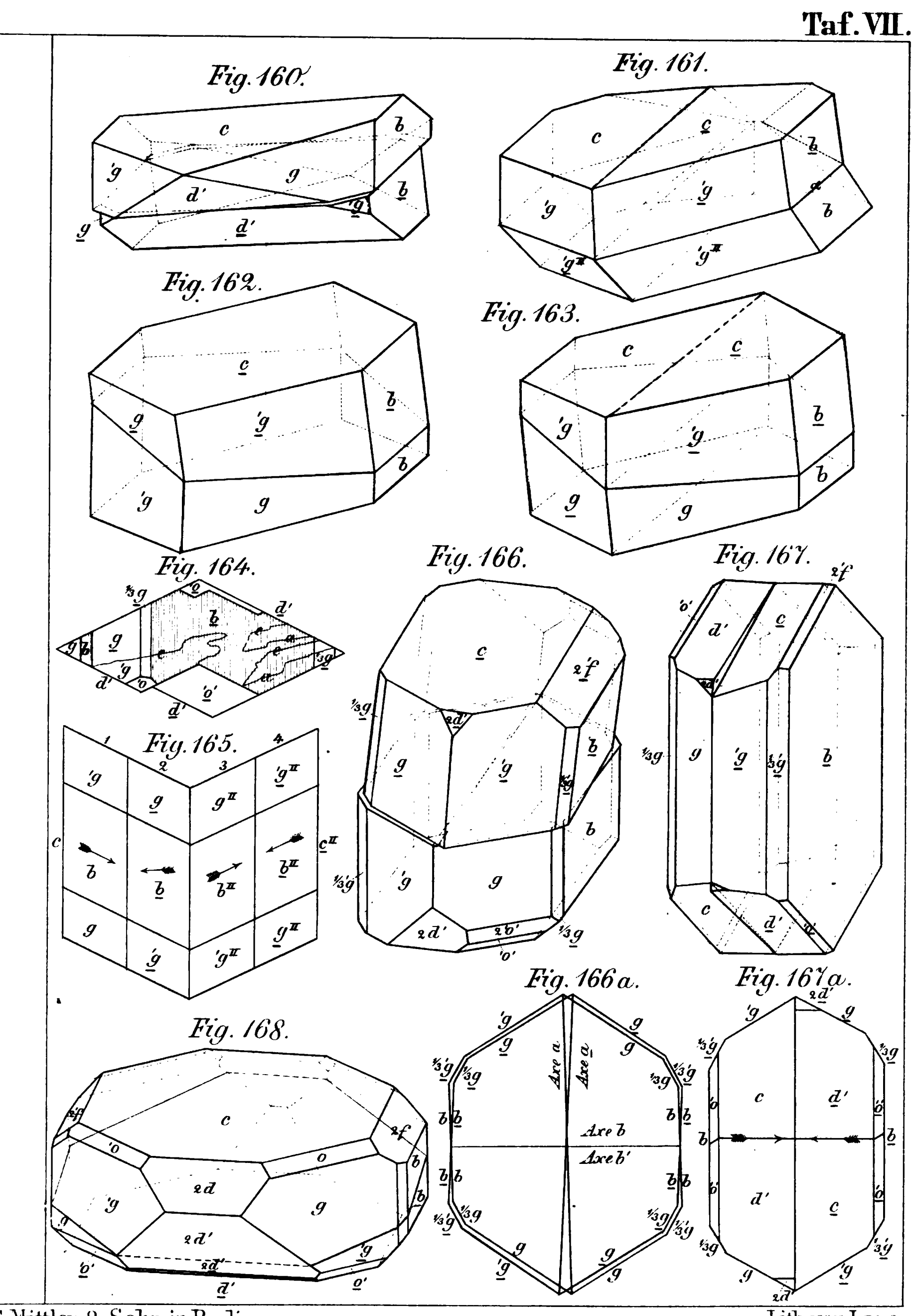
E.S. Mittler & Sohn in Berlin. Lith. von Laue.



Gez. von A. Sadebeck.

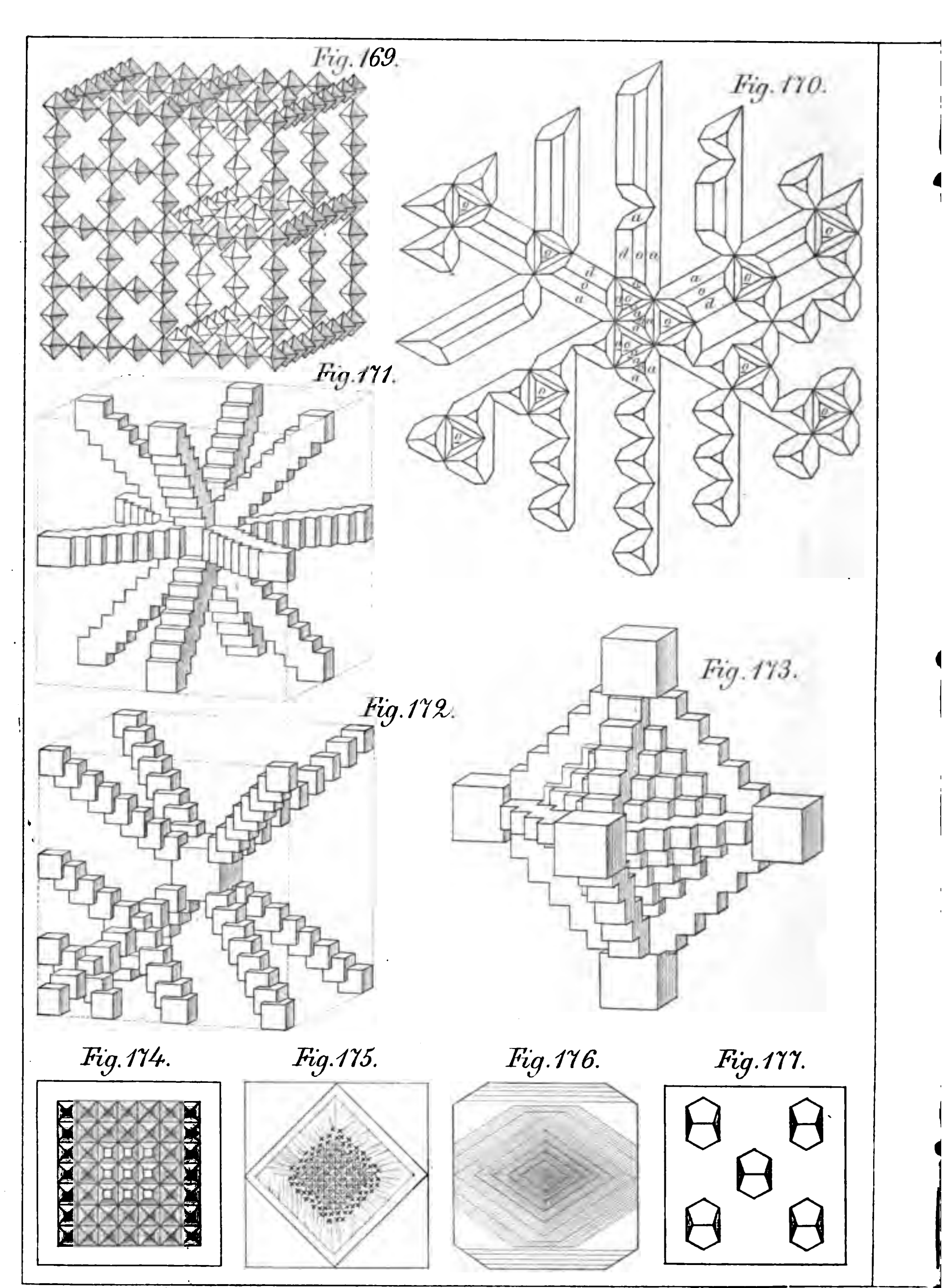
Verlag d. Königl. Hofb: vo

Taf. VII.



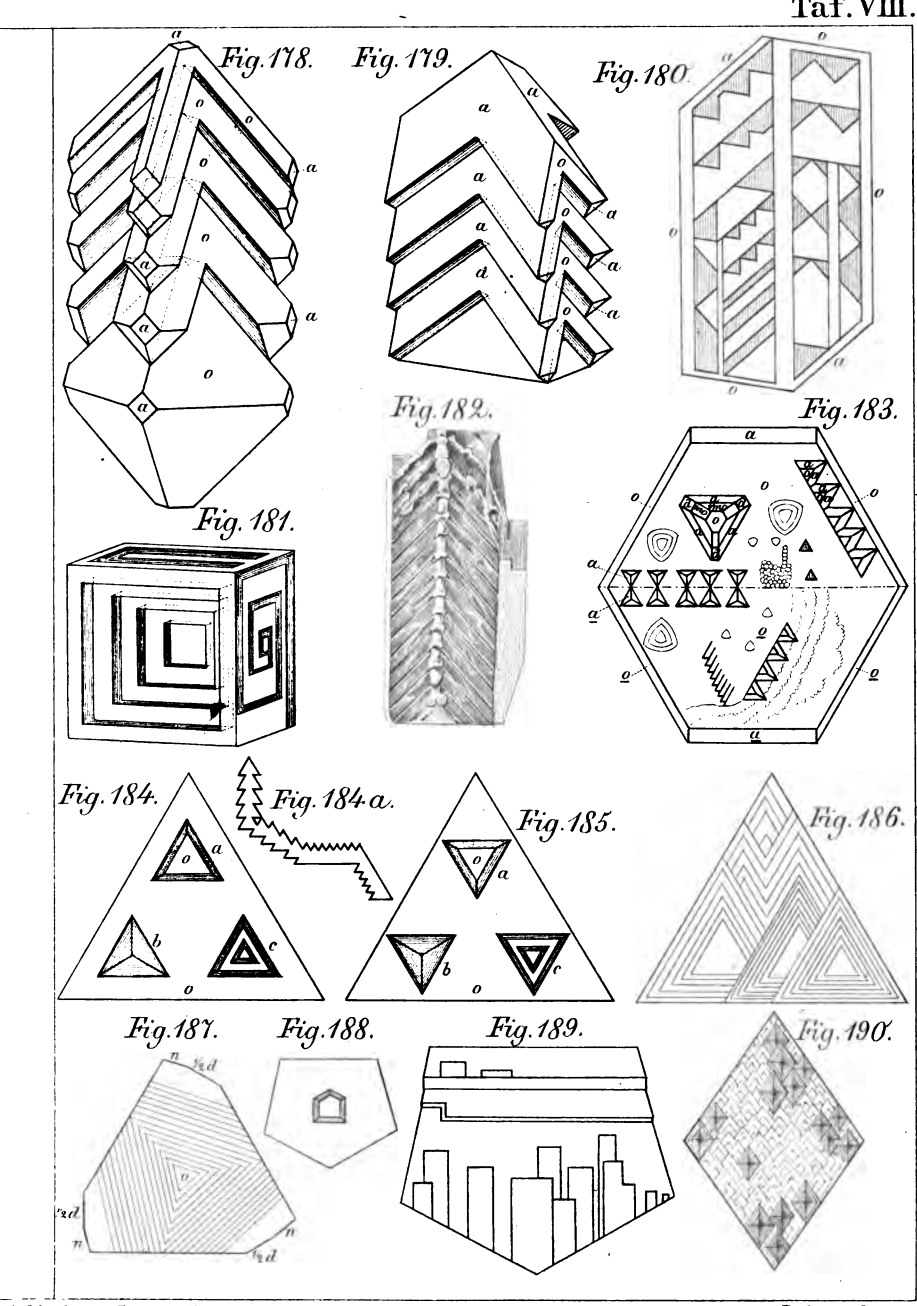
S. Mittler & Sohn in Berlin.

Lith. von Laue.

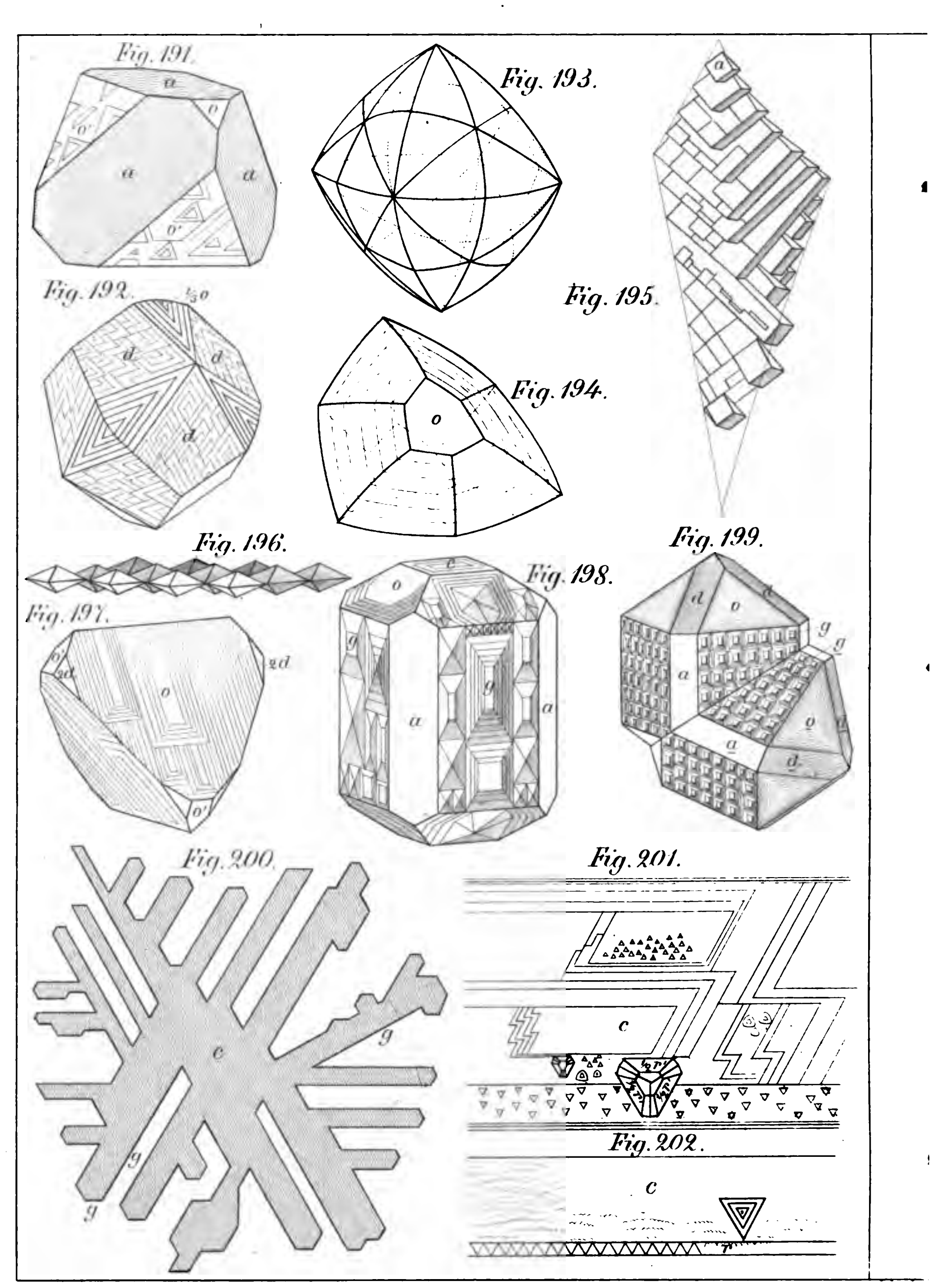


Gez. von A. Sadebeck.

Verlag d. Königl. Hofb: vo

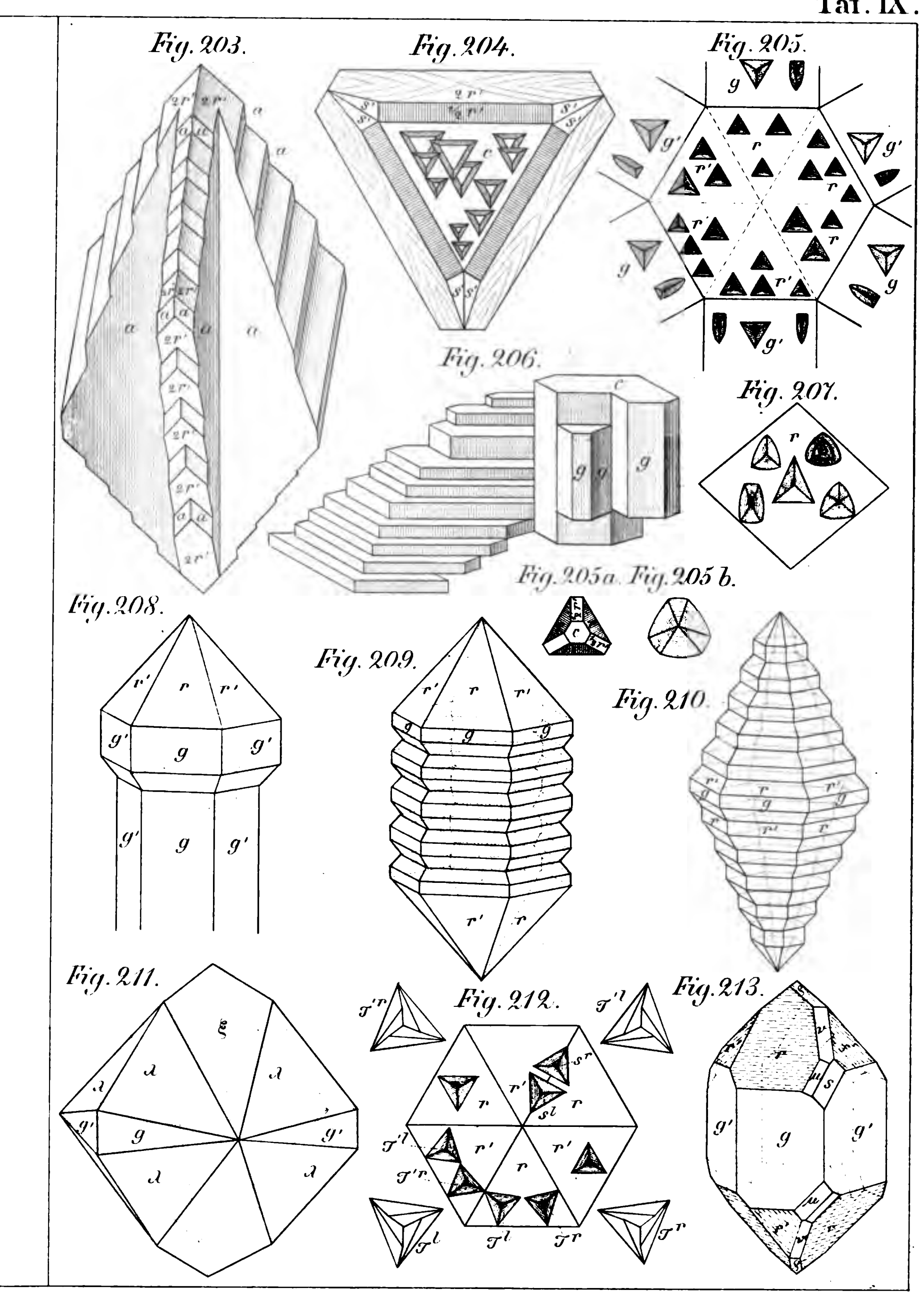


E. S. Mittler & Sohn in Berlin. Lith. von Laue.



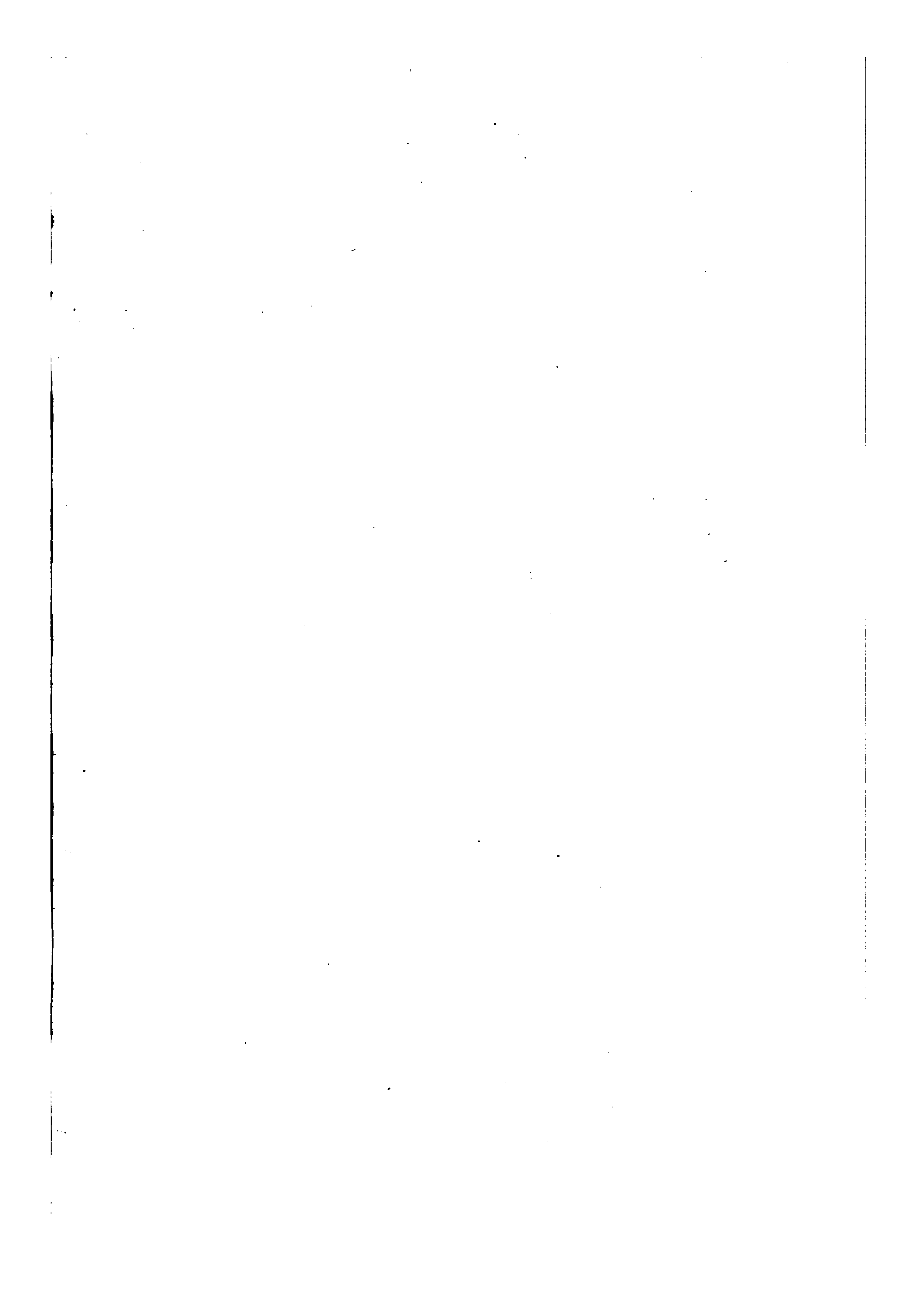
Gez. von A. Sadebeck.

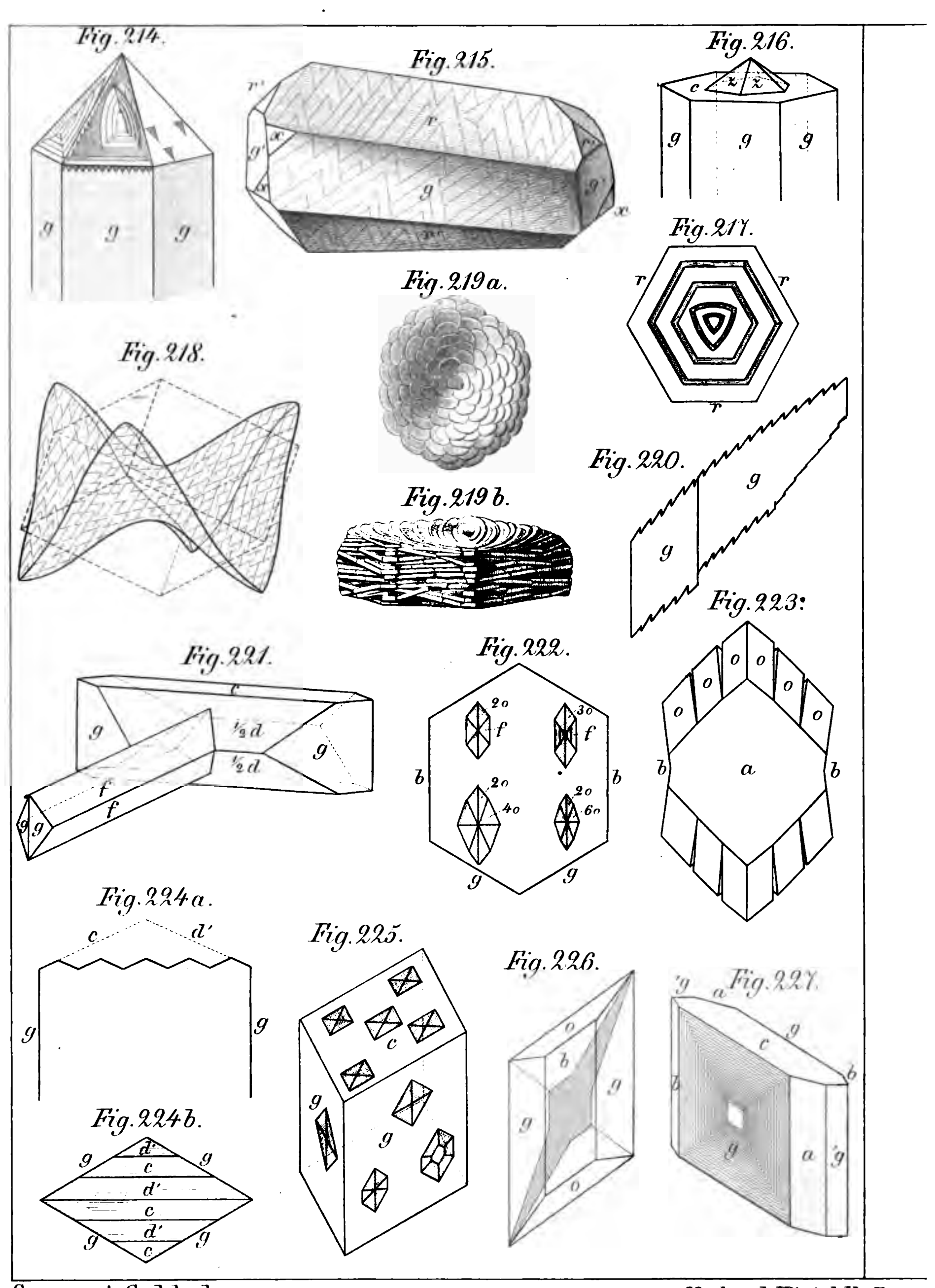
Verlag d. Königl. Hofb: v



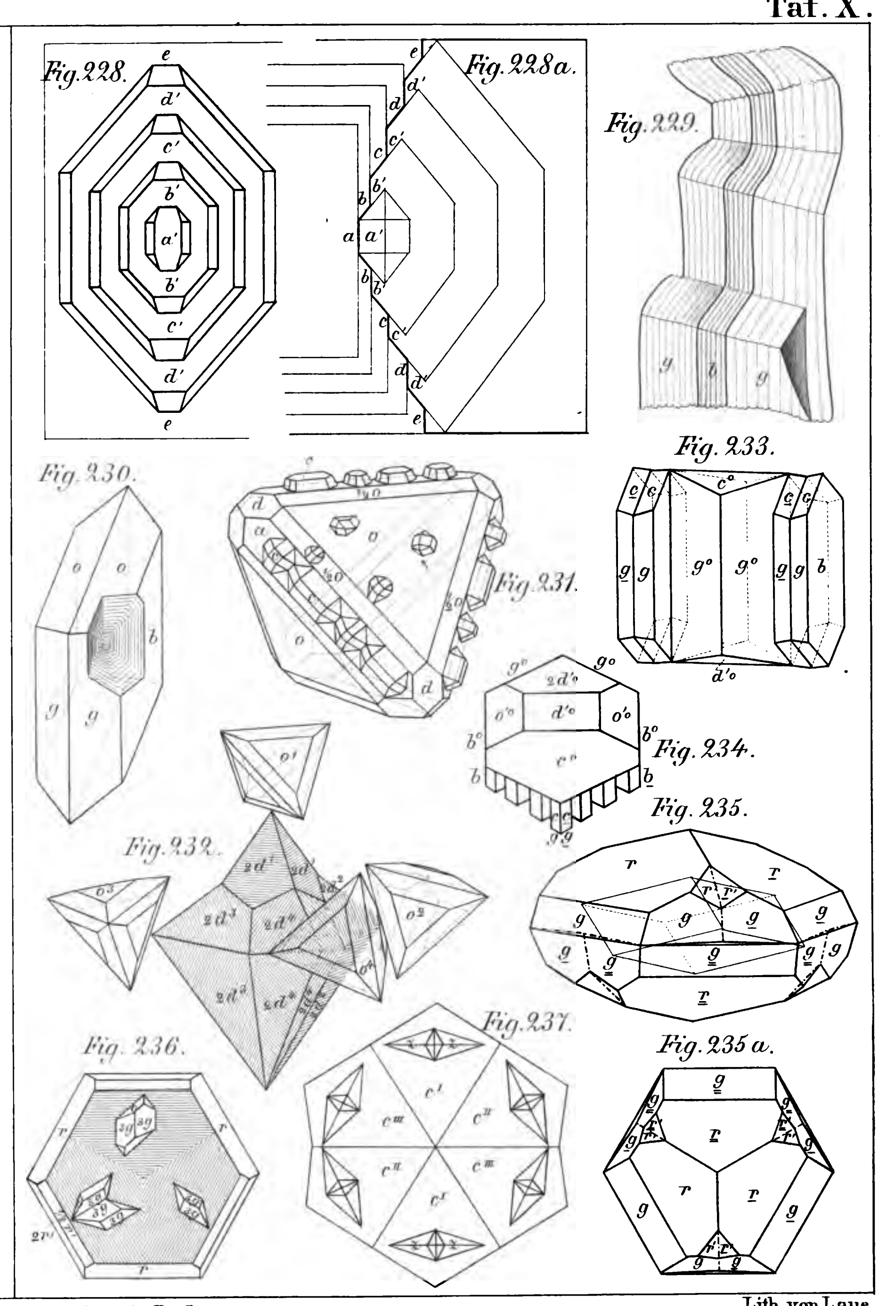
E.S. Mittler & Sohn in Berlin.

Lith. von Laue.

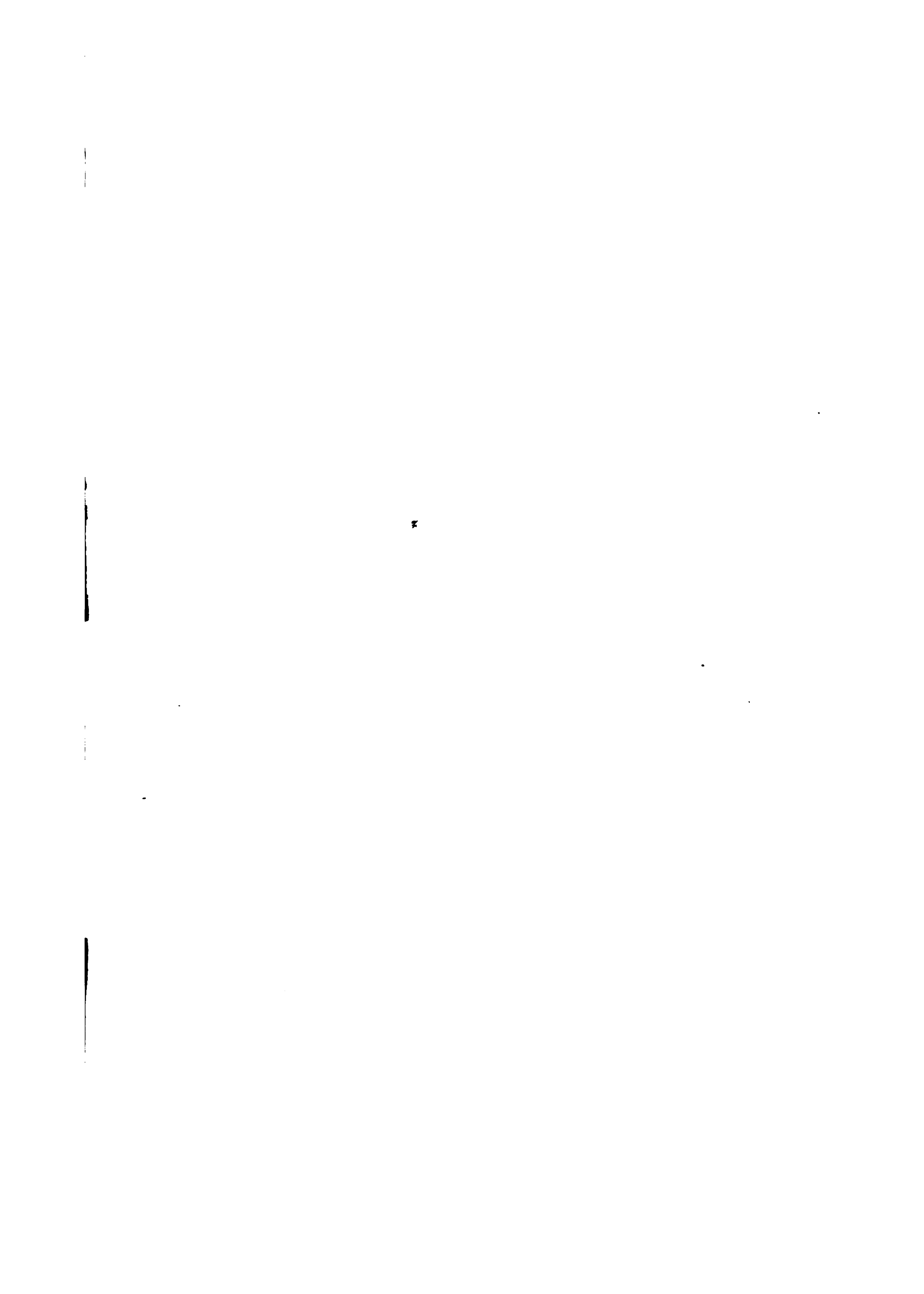




Gez. von A. Sadebeck. Verlag d. Königl. Hofb: vo



S. Mittler & Sohn in Berlin. Lith. von Laue.



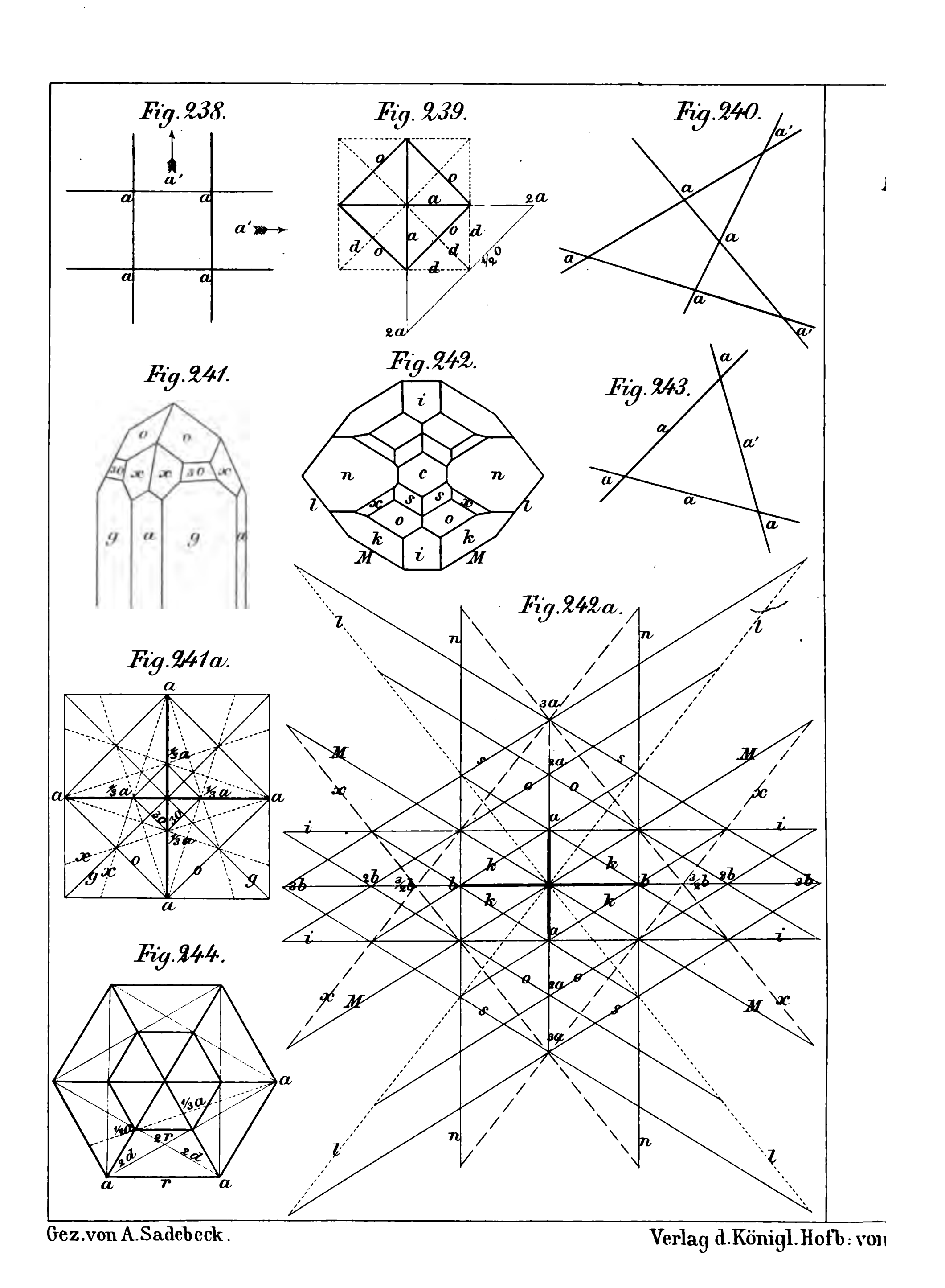
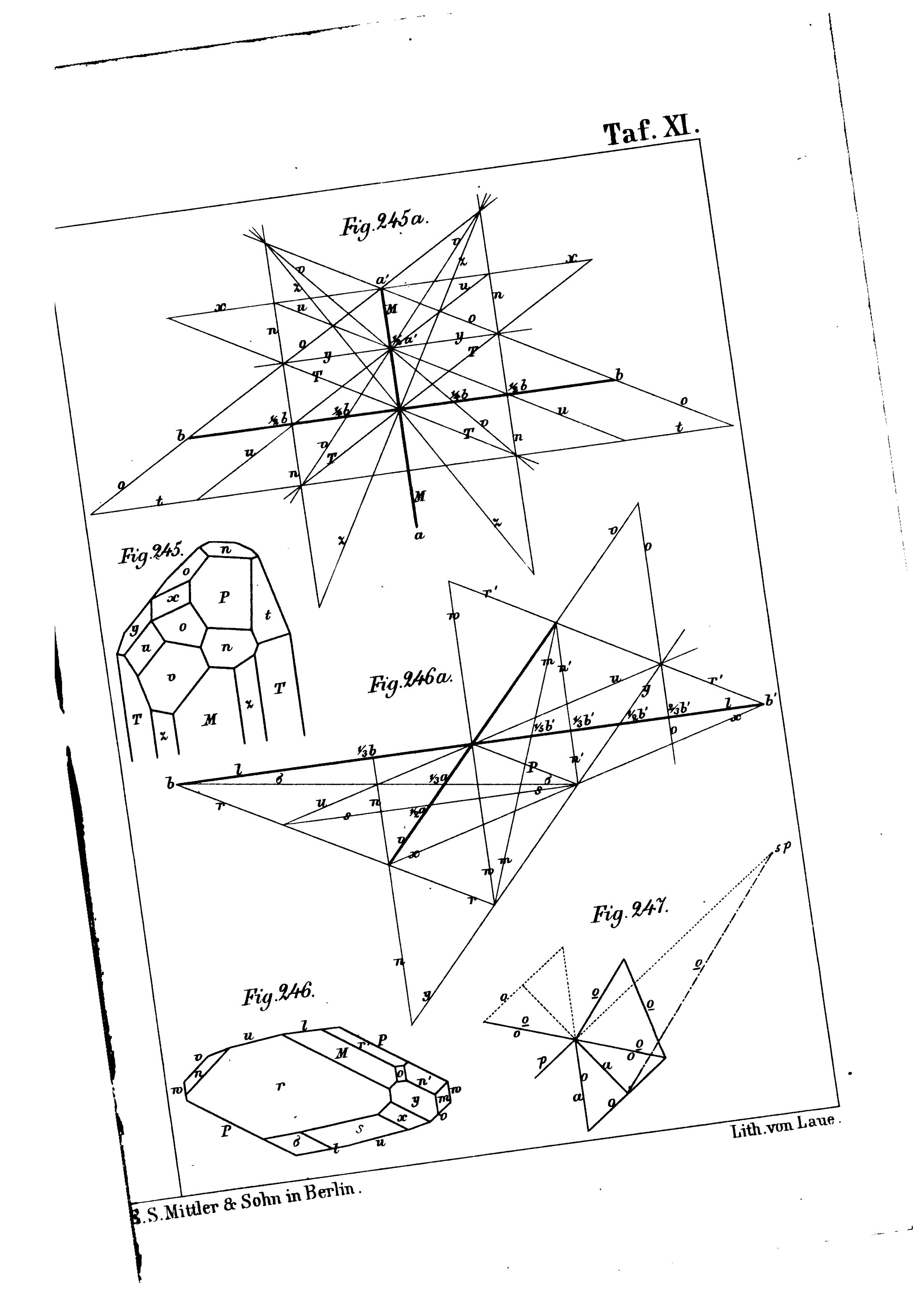


Fig. 238. Fig. 239. Fig. 240. Fig. 241. Fig. 241a. Fig. 242. Fig. 242a. Fig. 243. Fig. 244.

Gez. von A. Sadebeck.

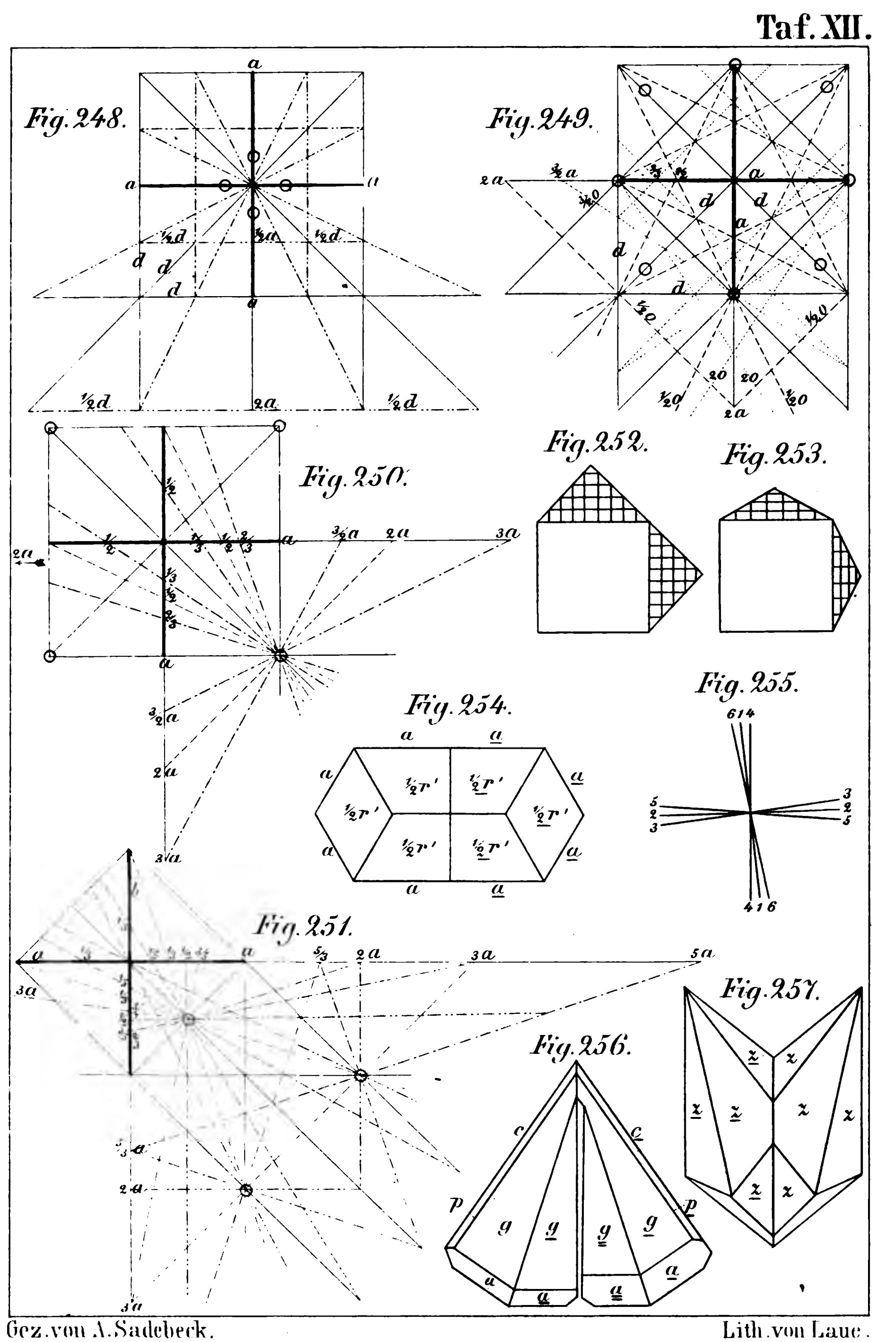
Verlag d. Königl. Hofb: von

Taf. XI.



Lith. von Laue.

E. S. Mittler & Sohn in Berlin.



Gez. von A. Sadebeck. Lith. von Laue.





